

# **OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA PARA FINS CIVIS EM PORTUGAL, COM CÂMARA DIGITAL DMC**

**Trabalho de Projecto de Mestrado em Gestão do Território,  
Área de Especialização em Detecção Remota e  
Sistemas de Informação Geográfica**

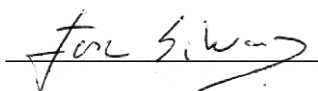
**Edgar Filipe de Freire Ferreira da Silva**

**Setembro 2011**

Trabalho de Projecto apresentado para cumprimento dos requisitos necessários  
à obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território na Área de  
Especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica  
realizado sob a orientação científica de Prof. Doutor José António Tenedório e  
co-orientado pelo Prof. Doutor Rui Pedro Julião.

Declaro que este Trabalho de Projecto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

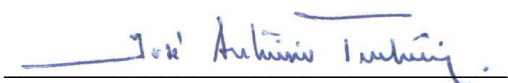
O candidato,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'João Silva', written over a horizontal line.

Lisboa, 6 de Setembro de 2011

Declaramos que este Trabalho de Projecto se encontra em condições de ser apreciado pelo júri a designar.

O orientador,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'João António Taveira', written over a horizontal line.

O co-orientador,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'L. Pedro', written over a horizontal line.

Lisboa, 6 de Setembro de 2011

*Tudo leva o seu tempo...*

## AGRADECIMENTOS

Apesar deste trabalho projecto ser o culminar de um processo de desenvolvimento pessoal que se tem vindo a constituir ao longo destes dois últimos anos, tal não seria possível sem a colaboração de um conjunto de pessoas, pelo que são muitos os agradecimentos devidos:

Ao meu orientador e co-orientador, o Professor Doutor José António Tenedório e o Professor Doutor Rui Pedro Julião, pela disponibilidade, apoio científico, contributos e críticas.

À empresa Municípiã, E.M., S.A., na pessoa do Dr. António Fernandes, pela disponibilidade, facultação dos equipamentos e materiais para desenvolvimento deste meu trabalho.

Ao Geógrafo Carlos Luiz e ao navegador Sérgio Bispo, pelo contributo prestado durante as fases de planeamento de voo e execução, tornando ainda mais rico este trabalho.

Ao Engenheiro Topógrafo Pedro Burrica, incansável no apoio prestado na fase do processamento de dados IMU, bem como na fase de controlo geométrico à imagem processada.

Aos meus pais, pelo incentivo e motivação que sempre me deram e que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões.

Aos meus amigos, em especial à Geógrafa Ana Roldão Oliveira pelas sugestões.

À minha mulher Filipa, pela paciência e apoio dado ao longo destes últimos anos, bem como toda a energia e motivação para terminar este trabalho.

Finalmente, gostaria de agradecer a todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para este trabalho projecto.

A todos o meu “OBRIGADO”

## RESUMO

O aparecimento da possibilidade técnica de aquisição de fotografia aérea digital proporcionou metodologias alternativas de trabalho para a produção de cartografia vectorial.

A cartografia produzida até ao início do século XXI, em Portugal, assentava na aquisição de fotografias aéreas em formato analógico. Assim, para que essas fotografias fossem, e sejam ainda, introduzidas no processo cartográfico digital actual, terão que ser digitalizadas, após revelação, por um *scanner* fotogramétrico de alta resolução. Os ortofotomapas em RGB (Red, Green e Blue) foram sempre um produto mais requerido relativamente à combinação CIR (Colour Infra Red). Para uma cobertura aerofotográfica deste tipo teria que ser utilizado um filme com diferente sensibilidade. A juntar a esta exigência a cobertura, por norma, era efectuada em tempos diferentes para que fossem possíveis estes dois tipos de produtos, uma vez que eram raras as aeronaves que possibilitavam duas máquinas analógicas a bordo.

Assim, com a emergência da era digital no mundo da fotografia aérea, este tipo de limitações minimiza-se; ou seja, com uma única cobertura aerofotográfica e uma máquina digital é possível obter quatro bandas espectrais distintas, com alta resolução radiométrica e geométrica, possibilitando diferentes combinações para a produção de diferentes produtos cartográficos com maior rapidez.

O presente Trabalho de Projecto tem como objectivo a sistematização de uma metodologia geral para obtenção de fotografia aérea para fins civis, através da nova máquina aerofotográfica digital DMC (*Digital Mapper Camera*) da *Intergraph*, em Portugal. O objectivo deste trabalho traduz-se, em síntese, numa proposta de *workflow*, face aos existentes para máquinas aerofotográficas analógicas. Contempla o planeamento operacional do voo e a aquisição da fotografia aérea, passando pelo processamento digital de imagem e dados IMU (Unidade de Medição Inercial), finalizando com o controlo de qualidade da imagem (radiométrico e geométrico), bem como a entrega final ao utilizador.

PALAVRAS-CHAVE: Fotografia Aérea Digital, Processamento de Imagem, Processamento de IMU, DMC

## ABSTRACT

The emergence of the possibility of aerial digital photography acquisition techniques has provided new workflow alternatives in digital cartography production.

Cartography produced in Portugal until the beginning of the 21<sup>st</sup> century was based in analogical aerial photography acquisition. Thus, in order to use this kind of photographs in the cartographic process, it was, and still is, necessary to scanned them with a high-resolution photogrammetric scanner. The orthophotomaps in RGB (Red, Green, Blue) were always more requested than the CIR (Colour Infra Red) ones. For the latter, it was required an aerial photographic survey with a different sensibility film. Furthermore, the survey had to be done usually in two separate moments in order to have those two kinds of products, because seldom aircrafts had the equipment necessary to have two analogical cameras on board.

Therefore, with the aerial photography digital era, those limitations were overcome. Nowadays, with one single survey and one single digital camera, one can obtain four different spectral bands, with radiometric and geometrical high-resolution, but also providing different band combinations to produce, quicker, different cartographic products.

The purpose of this Project is to systemize a general method of obtaining aerial photography for civilian purposes, using Intergraph's new digital aerial photographic camera, DMC (Digital Mapper Camera) in Portugal. This Project's goal is, basically, to propose a workflow that differs from those used with aerial photographic analogical cameras. It involves the flight's operational planning and aerial photography acquisition, using image and data digital processing IMU (Inertial Measurement Unit), ending with image quality control (radiometric and geographic) and it's final deliver.

**KEYWORDS:** Digital Aerial Photography, Image Processing, IMU Processing, DMC.

**OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA PARA FINS CIVIS EM PORTUGAL,  
COM CÂMARA DIGITAL DMC**

**AERIAL PHOTO ACQUISITION FOR CIVILIAN PURPOSES IN  
PORTUGAL, WITH DIGITAL CAMERA DMC**

**Edgar Filipe de Freire Ferreira da Silva**



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ENQUADRAMENTO.....</b>	<b>3</b>
2.1. COBERTURAS AEROFOTOGRAFICAS PARA FINS CIVIS (RTCAP) .....	3
2.2. ENQUADRAMENTO EMPRESARIAL .....	5
2.2.1. <i>Departamento de Qualidade</i> .....	6
2.2.2. <i>Departamento de Cartografia</i> .....	6
2.2.2.1. Divisão de Fotografia Aérea.....	6
2.2.2.2. Divisão de Fotogrametria .....	7
2.2.2.3. Divisão de Produção .....	7
2.3. FLUXOGRAMA DE OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA PARA FINS CIVIS .....	8
<b>3. EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA .....</b>	<b>9</b>
3.1. PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA CESSNA 402 B.....	9
3.2. CÂMARA DIGITAL MAPPER CAMERA (DMC) .....	11
3.3. SISTEMAS DE POSICIONAMENTO E INERCIAIS.....	13
<b>4. PLANEAMENTO DO VÔO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. AQUISIÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA .....</b>	<b>22</b>
<b>6. PROCESSAMENTO DE IMAGEM E DE DADOS .....</b>	<b>25</b>
6.1. PROCESSAMENTO DE IMAGEM COM SOFTWARE POST PROCESSING .....	25
6.2. CRIAÇÃO DE LOOK UP TABLE COM SOFTWARE DIA.....	30
6.3. PROCESSAMENTO DE DADOS GPS/INS (IMU).....	31
6.4. PROCESSAMENTO DE DADOS GPS/INS (IMU) COM SOFTWARES AEROOFFICE E GRAFNAV .....	35
<b>7. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DA IMAGEM.....</b>	<b>37</b>
7.1. ANÁLISE RADIOMÉTRICA DA IMAGEM .....	37
7.2. ANÁLISE GEOMÉTRICA DA IMAGEM.....	41

<b>8. AFERIÇÃO DO MODELO DE CONTROLO DE QUALIDADE .....</b>	<b>43</b>
8.1. ENQUADRAMENTO.....	43
8.2. ANÁLISE DA RADIOMETRIA DA IMAGEM .....	44
8.3. ANÁLISE DA GEOMETRIA DA IMAGEM.....	47
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>52</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ASMS** – Módulo de sensor de controlo da câmara DMC

**BITS** – Unidade que mede a profundidade de cor de uma imagem

**CCD** – Charge-Coupled Device

**cm** – Centímetros

**CPU** – *Central Processing Unit*

**DIA** – *Digital Image Analyst*

**DGPS\INS** – *Differential Global Position System\INertial System*

**DMC** – *Digital Mapper Camera*

**DN** – Digital Number

**FAP** – Força Aérea Portuguesa

**FMC** – *Forward Motion Compensation*

**GB** – *Gygabytes*

**GLONASS** – *Global Navigation Satellite System*

**GPS** – *Global Position System*

**GNSS** – *Global Navigation Satellite Systems*

**IGEOE** – Instituto Geográfico do Exército

**IGP** – Instituto Geográfico Português

**IMU** – Unidade de Medição Inercial

**INS** – *INercial System*

**KAR** – *Kinematic Ambiguity Resolution*

**Km/h** – Quilómetros por hora

**LiDAR** – *Light Detection and Ranging*

**LUT** – *Look up table*

**OTF** – *On The Fly*

**PF's** – Pontos Fotogramétricos

***Pixel Size*** – Tamanho do Pixel; Unidade mínima da imagem

**RENEP** – Rede Nacional de Estações Permanentes

**RTCAP** – Regulamento Técnico das Coberturas Aerofotográficas para Fins Cíveis

**SAR** – *Specific Absorption Rate*

**SATA** – *Serial AT Attachment*

**SSD** – *Solid State Disk*

**TA** – Triangulação Aérea

**TDI** – *Time Delay Integration*

**TFW** – *TIFF World File*

**USB** – *Universal Serial Bus*

# 1. INTRODUÇÃO

O presente Trabalho Projecto insere-se no âmbito de obtenção de grau de mestre em Gestão do Território, na Área de Especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica. A evolução dos tempos tem-nos conduzido a novas formas de ver o Mundo. O “mundo” que pretendo mostrar com este Trabalho de Projecto é o “mundo” no qual tenho trabalhado em quadro empresarial: o da produção de fotografia aérea digital para fins civis.

A fotografia aérea sempre teve uma elevada importância ao longo dos tempos. Durante as duas Grandes Guerras Mundiais, a fotografia aérea, teve uma extrema importância no apoio estratégico e tático militar, com a utilização de pombos-correios que tinham implementado em si uma pequena câmara fotográfica (Julius Neubronner).



Foto: Site Tiago Schmidt, 2011.

**Figura 1 – Pombos correio com câmaras fotográficas**

Já nos nossos tempos, a importância da fotografia aérea, remete-nos para o apoio à decisão, organização e planeamento do território, efectuado pelas entidades locais e nacionais de cada país.

Os processos de obtenção de fotografia aérea têm vindo a sofrer algumas alterações, fruto da evolução tecnológica, e hoje não é novidade que a era do digital faz parte do nosso quotidiano. A competitividade mundial levou a que a fotografia aérea com propósitos fotogramétricos se adaptasse às novas exigências. Desta forma, é inevitável que a era digital se comece a apoderar do mundo da fotografia aérea e por isso um novo *workflow* terá que ser elaborado e colocado em prática nos meios empresariais.

O presente Trabalho de Projecto pressupõe várias fases para a sua realização, a primeira refere-se à escolha de informação e bibliografia acerca da matéria em causa, possibilitando um melhor conhecimento da informação a partir de artigos já realizados, bem como o colmatar de algumas limitações do tipo de dados. No entanto, apesar de todo o esforço em encontrar artigos relacionados com esta temática, apenas documentos técnicos e alguns artigos relacionados com as câmaras (analógicas e digitais) foram encontrados.

A fase seguinte consiste na proposta propriamente dita de uma nova metodologia, que passará pelo planeamento de voo, que consta na delimitação da área a voar em ambiente CAD e exportar o planeamento do voo em software apropriado. Para produção de cartografia a determinada escala, define-se o *pixel size* a voar, bem como a altitude de voo. De seguida a execução da cobertura aerofotográfica para a aquisição de fotografia, será possível consoante as condições meteorológicas sejam favoráveis ou não.

Após a execução da cobertura, segue-se a fase do pós-processamento digital de imagem, bem como o processamento dos dados inerciais (IMU). Finalizando, com o controlo de qualidade, das imagens finais processadas, tanto a nível radiométrico como geométrico.

Será este o ponto que considero de maior relevância, uma vez que a necessidade de busca da eficiência e qualidade nos dias que correm é, na minha opinião, uma necessidade de todas as empresas que querem oferecer bens de qualidade ou que tenham implementado um sistema de gestão de qualidade. Assim, ao oferecer um produto que tenha, sem o menor tipo de dúvida, reunido as melhores condições, demonstra a fiabilidade do fornecedor e a boa continuidade do trabalho cartográfico, bem como a posição que a empresa pretende demonstrar no mercado.

Finalmente, e como forma de garantir que o modelo proposto funciona, realizarei um controlo de qualidade a um voo executado recentemente pela empresa Município, E.M., S.A., que será colocado à prova nesta nova metodologia de controlo de qualidade.

Com este Trabalho Projecto espero, conseguir sistematizar uma metodologia eficaz, tanto a nível operacional, como a nível de controlo de qualidade às imagens, e que esta possa ser integrada numa cadeia de produção efectiva de obtenção de fotografia aérea para fins civis, com câmara aérea digital, em Portugal.

Este trabalho resulta, como já disse, da minha experiência profissional durante 7 anos no âmbito empresarial referido.

## 2. ENQUADRAMENTO

### 2.1. Coberturas Aerofotográficas para Fins Cíveis (RTCAP)

O Instituto Geográfico Português (IGP), organismo responsável pela homologação de toda a cartografia realizada em Portugal, elaborou um regulamento técnico acerca das coberturas aerofotográficas para fins cíveis. Este, na sua maioria, até ao ano de 2005, apenas referia especificações para fotografia aérea realizada com câmara analógica (fotografia com filme). No entanto, a versão de 2006 (a mais recente), está dividida em duas partes – Parte A e Parte B – em que a Parte B é dedicada à fotografia aérea realizada especificamente com câmaras digitais.

O Regulamento Técnico das Coberturas Aerofotográficas para fins Cíveis (RTCAP), como refere o Artigo 1º, alínea 1 “estabelece as especificações técnicas, as características de equipamento e os processos a utilizar na execução de fotografia aérea destinada a fins cartográficos e fotointerpretativos para fins cíveis”, e “aplica-se à fotografia aérea com características métricas e de qualidade adequada a aplicações cartográficas em geral”, Artigo 1º, alínea 2 do mesmo RTCAP.

Assim sendo, além de todas as especificações obrigatórias que o RTCAP enuncia para a cobertura aerofotográfica com filme, a cobertura realizada com câmara digital terá que cumprir mais cinco artigos, os quais passarei a enumerar.

O Artigo 61º do RTCAP refere, apesar da Parte B ser pouco extensa, que se “aplicam os requisitos e especificações técnicas gerais constantes na Parte A”, ou seja, uma cobertura aérea realizada com máquina digital terá que cumprir todas as especificações técnicas de uma cobertura aérea com filme, mais as especificações da digital, tal como refere o mesmo artigo: “As especificações constantes da Parte A são de cumprimento obrigatório excepto quando, pelas próprias características da tecnologia, o cumprimento se evidencie impossível”.

O Artigo 62º do mesmo regulamento apenas homologa câmaras para a prática de fotografia aérea digital, para fins de produção de cartografia, se ao nível da resolução geométrica os sensores da câmara possuírem uma dimensão máxima de 0,012 mm.

O artigo seguinte (63º) refere-se à resolução radiométrica mínima que os sensores da câmara digital devem registar, indicando que estes devem obrigatoriamente registar 256 níveis, ou seja, resolução de 8 *bits*.

O Artigo 64º diz respeito à resolução no terreno, que define a altura de voo a que terá de se realizar a cobertura, consoante a escala do levantamento topográfico. Assim, cada imagem deverá ter um valor de *pixel size* máximo, ou seja, “a altura de voo deve, considerando a escala de representação que se pretende para o levantamento topográfico a produzir com base nestas imagens, assegurar uma resolução geométrica média no terreno por imagem, de valor igual ou menor” ao que refere a seguinte tabela:

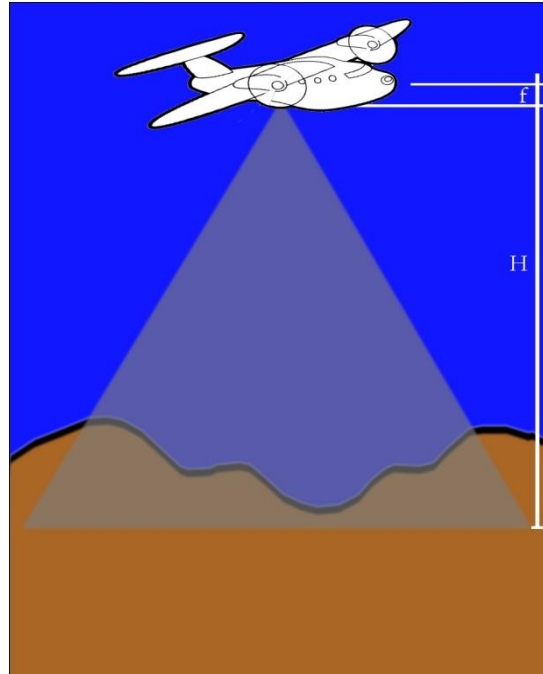
Escala de levantamento	<i>Pixel Size</i> (cm)
1:1000	7
1:2000	12
1:5000	24
1:10000	34
1:25000	50

**Tabela 1 – Resolução Média no Terreno**

Desta forma, a altura de voo é calculada por:

$$H = \frac{P \times f}{r}$$

em que **H** é a altura do voo, **P** é a resolução média no terreno (*Pixel Size*), **f** é a distancia focal do cone da câmara e **r** é a resolução geométrica do sensor.



**Figura 2 – Altura do Voo da Cobertura Aerofotográfica**

Finalmente, o Artigo 65º diz respeito aos parâmetros geométricos, que define que as imagens provenientes de câmaras digitais não têm marcas fiduciais. No entanto, para os mesmos fins das marcas fiduciais, são os pixéis dos cantos da imagem que farão essas mesmas funções, nomeadamente: efeitos de calibração, correcção de distorção, ponto de



auto-calibração, entre outros, realizados durante o pós-processamento da imagem, através dos softwares de cada fabricante, que terão de ter em conta as recomendações do próprio fabricante.

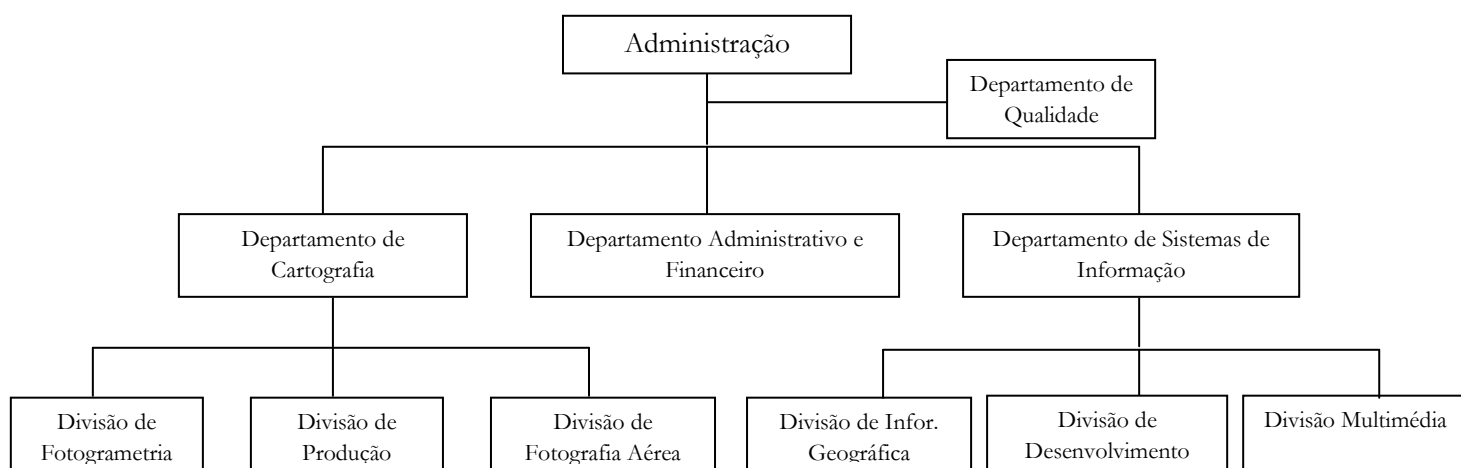
## 2.2. Enquadramento Empresarial

A empresa Município, E.M., S.A. opera “nas áreas da produção de Cartografia, Cadastro, Sistemas de Informação Geográfica, Internet (Municípios Digitais e e-Government), Formação, Consultoria, Fotografia Aérea, LiDAR e na elaboração de Edição de Publicações na área da sua actividade” (Município, 2009).

É uma empresa relativamente recente, remetendo a data da sua constituição a Outubro de 1999. É integralmente constituída por 200 municípios e associações de municípios de origem lusófona, que representam cerca de 60% do total de municípios portugueses (Continente e Ilhas), tanto em número como em área geográfica.

A sua equipa é constituída por 75 profissionais qualificados na área da cartografia, geografia e desenvolvimento informático. Graças a isso, a “sua evolução no mercado da Cartografia e sobretudo da Fotografia Aérea atribuiu à Município um grau de notoriedade e reconhecimento ímpar no território nacional, atingindo a liderança do mercado nacional” (Município, 2009).

A sua estrutura hierárquica traduz-se no seguinte organigrama (ver figura seguinte):



Fonte: Edgar Silva, 2010.

**Figura 3 – Organização da Município, E.M., S.A.**

### **2.2.1. Departamento de Qualidade**

A Município, E.M., S.A. promove uma política pró-activa de qualidade e aplica o mote “prevenir é melhor que remediar”. Isto significa que todas as fases dos projectos realizados pela empresa são delineados e descritos em procedimentos, o mais detalhado possível. Desta forma, é conseguida uma previsão dos riscos e assegurar a qualidade do trabalho.

A utilização dos equipamentos mais avançados tecnologicamente, tanto na fase de voo como no processamento, aliada ao desenvolvimento de softwares específicos para controlo de qualidade, permite assegurar a rapidez dos processos e a eliminação dos elos fracos da cadeia de qualidade.

A Município, E.M., S.A., é certificada em todas as suas áreas de actividade pela Norma NP EN ISO9001:2008.

O Sistema de Gestão da Qualidade foi implementado tendo em consideração oito linhas estratégicas: i) Definição de instruções para subcontratos; ii) Inspeção das mercadorias; iii) Delineação de cronogramas de produção; iv) Controlo contínuo; v) Controlo de procedimentos operacionais; vi) Controlo dos materiais a entregar; vii) Manutenção regular de equipamento e software; viii) Protecção de dados.

### **2.2.2. Departamento de Cartografia**

No intuito de tentar perceber e encontrar a melhor forma de criar um novo planeamento operacional, tive o privilégio de poder participar e aprender neste departamento, mais concretamente na Divisão de Fotografia Aérea, pelo que julgo ser importante fazer uma pequena descrição das responsabilidades e serviços respectivos.

O Departamento de Cartografia da empresa Município, E.M., S.A. é composto por três divisões distintas: Divisão de Fotografia Aérea, Divisão de Fotogrametria e Divisão de Produção.

#### **2.2.2.1. Divisão de Fotografia Aérea**

A fotografia aérea constitui a matéria-prima para a produção de cartografia e ortofotomapas, como é sabido. Podemos assim dizer que é um instrumento de representação da realidade acessível ao público.

Nesta divisão efectua-se o planeamento dos voos a realizar, tendo em conta as especificações físicas de cada projecto e o RTCAP. Executam-se os voos de fotografia, o pós-processamento dos resultados da missão e os respectivos relatórios da cobertura aerofotográfica.

#### **2.2.2.2. Divisão de Fotogrametria**

A divisão de Fotogrametria é responsável pela realização do apoio fotogramétrico que consiste na coordenação de pontos no terreno que permitam, pelo processo de triangulação aérea (TA), a georreferenciação de todo o voo.

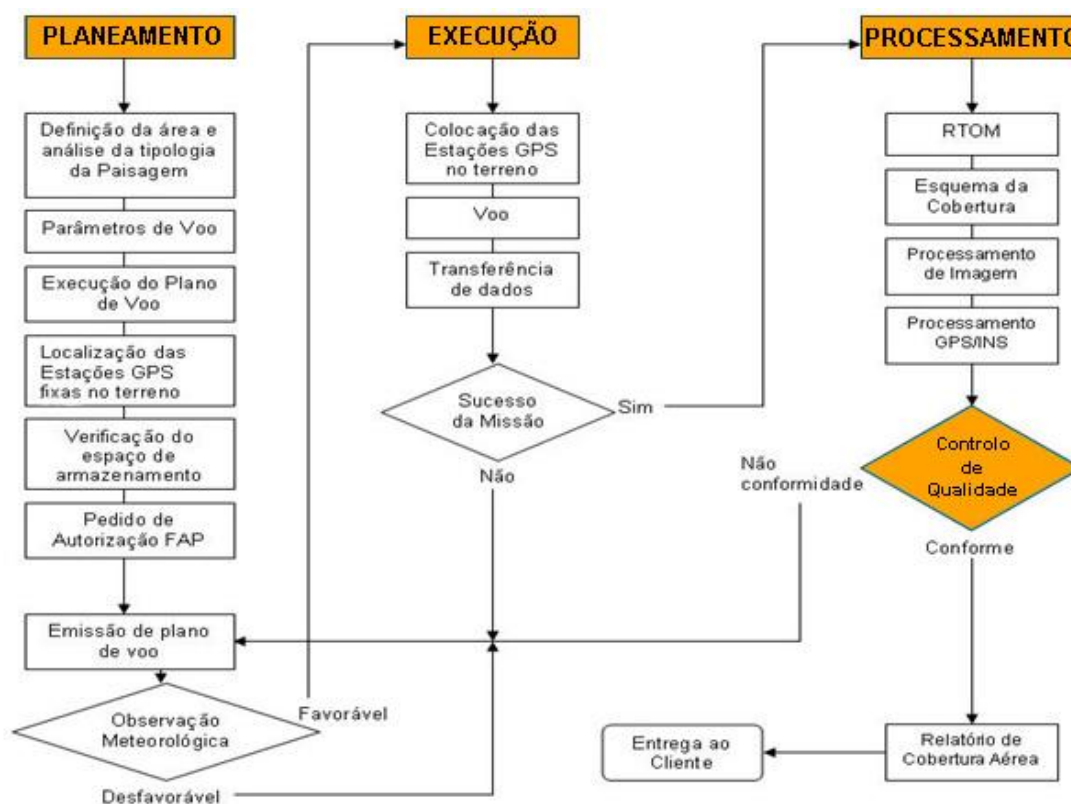
Por sua vez, se a cobertura aérea for realizada com câmara analógica (com filme), os operadores do apoio fotogramétrico preparam o apoio de campo de modo a permitir o levantamento e coordenação dos pontos fotogramétricos (PF) no terreno através do Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*). Por outro lado, estes operadores poderão ser destacados mesmo em coberturas aéreas com câmara digital, caso as estações de referência do IGP estejam fora de serviço e/ou não estejam dentro de um determinado raio (geralmente definido em caderno de encargos). Também participam em algumas coberturas aerofotográficas digitais, quando é necessária a realização de PF nos quatro cantos do projecto do voo, de forma a contribuir para uma melhor exactidão do trabalho realizado. Outra forma de participação tem a ver com a necessidade de realizar áreas de calibração de voo. Geralmente, estas áreas são realizadas antes de se executar um projecto, após ter sido feito algum tipo de intervenção na câmara digital, ou seja, sempre que esta sofra alguma revisão e haja necessidade de ser retirada da aeronave.

#### **2.2.2.3. Divisão de Produção**

Finalmente, na divisão de produção continua-se o processo de elaboração de cartografia, com a realização de mais quatro componentes de um projecto cartográfico digital: i) Completagem de campo; ii) Introdução da completagem de campo / Edição; iii) Edição altimétrica; iv) Geração de ortofotomapas.

### 2.3. Fluxograma de Obtenção de Fotografia Aérea para Fins Cíveis

O fluxograma seguinte apresenta, de uma forma sucinta, as diferentes metodologias de realização de uma cobertura aerofotográfica digital.



Fonte: Municípi, 2010.

**Figura 4 – Fases constituintes de uma Cobertura Aerofotográfica Digital**

A maioria dos projectos é constituída pelo seguinte conjunto de actividades: i) Planeamento Operacional; ii) Aquisição de Fotografia Aérea; iii) Processamento de Imagem e de Dados IMU; iv) Avaliação de Qualidade de Imagem; v) Entrega Final. O fluxograma traduz, de uma forma sucinta, todas as fases que serão descritas nos Capítulos seguintes deste Trabalho de Projecto. Relembra-se que estas fases são adaptadas à realidade de uma cobertura aerofotográfica digital, para produção de cartografia digital à escala 1:25000, a título de exemplo, sempre que não seja possível descrever o processo sem enumerar valores.

### 3. EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA

#### 3.1. Plataforma de aquisição de fotografia aérea Cessna 402 B

Os voos de fotografia aérea implicam o uso de aeronaves bastante estáveis, de fácil manabilidade, com dimensões suficientes para o transporte dos elementos humanos e técnicos e com a autonomia e segurança suficientes para percorrerem distâncias relativamente longas.

A empresa Município, E.M., S.A. tem ao seu dispor duas aeronaves para a prática de coberturas aerofotográficas verticais. Ambas as aeronaves estão devidamente transformadas para o efeito e certificadas para trabalhos de fotografia aérea vertical. No entanto, apenas uma aeronave está preparada para efectuar coberturas com a câmara digital DMC – Cessna 402 B.



Foto: Edgar Silva, 2011.

**Figura 5 – Cessna 402 B, Matrícula CS-DPS**

Essa transformação foi realizada por uma equipa especializada neste tipo de transformações. A equipa fez uma abertura na fuselagem da aeronave, colocando um suporte preparado para receber sensores digitais, como é o caso do utilizado pela câmara

DMC que equipa a mesma. Neste suporte reside a plataforma giroestabilizada que, através de sistemas electrónicos de controlo, permite estabilizar a câmara, eliminando as movimentações normais da aeronave, como será descrito no ponto seguinte.



Foto: Edgar Silva, 2011.

**Figura 6 – Abertura na fuselagem (Cessna 402 B)**

A aeronave apresentada na figura 5 está equipada com dois motores Turbo-charged, capazes de fazer com que esta atinja uma velocidade máxima de 390 km/h. Apesar de não ser um avião pressurizado, o seu tecto é de 27000 pés (cerca de 8230<sup>1</sup> metros de altitude), com garrafa de oxigénio. Utiliza AVGas 100 *Low Lead*<sup>2</sup> para alimentar os seus dois motores. Quando os seus depósitos (asa esquerda e asa direita) estão completamente cheios, possibilita 6 horas de autonomia e, consequentemente, de operação.

---

<sup>1</sup> 1 Metro corresponde a 3,2808 Pés (aproximadamente).

<sup>2</sup> Combustível de aviação, com baixo nível de chumbo, comparando com AVGas entre 100 e 130. Mais “Amigo do Ambiente”. Indicado para este tipo de aeronave (motores de pistão)



### 3.2. Câmara Digital Mapper Camera (DMC)

A câmara digital DMC da *Intergraph* é uma das mais recentes inovações no campo da fotografia aérea digital e possui um dos sistemas mais revolucionários em termos de armazenamento de dados, o SSD - *Solid State Disk*.



**Figura 7 – SSD – Solid State Disk da câmara DMC**

Fonte: Edgar Silva, 2010.

Esta câmara permite a aquisição de dados em modo pancromático, com resolução radiométrica de 12 *bits*, para uma dimensão de imagem de 13824 x 7680 pixéis. Na fase de pós-processamento de imagem, possibilita a geração de imagens de grande resolução radiométrica em quatro bandas do espectro radiométrico. No campo do visível, o tradicional RGB e no campo dos infra-vermelhos, o Infra-vermelho próximo.

Através da utilização da tecnologia TDI (*Time Delay Integration*) elimina qualquer possível arrastamento que possa ser produzido nas imagens pela velocidade da aeronave (FMC - *Forward Motion Compensation*), garantindo, desta forma, uma imagem com níveis de nitidez muito elevados comparativamente a outros equipamentos.

**Figura 8 – Plataforma Giroestabilizadora ZI-Mount**

Por outro lado, a plataforma giroestabilizadora ZI Mount faz a compensação da deriva do avião em 30° à direita e 30° à esquerda, bem como da atitude<sup>3</sup> do mesmo, corrigindo o *pitch*<sup>4</sup> em 5° e o *roll*<sup>5</sup> em 5°.

Em suma, as características da Câmara DMC da *Intergraph* são as seguintes: i) 4 cones de alta resolução em Pancromático (7k x 4k); ii) 4 cones de resolução multi-espectral (3k x 2k) nas bandas do Vermelho, Verde, Azul e Infra-Vermelho Próximo; iii) 1 gravador de dados com cerca de 300 Giga Bytes, capaz de



Foto: Edgar Silva, 2010.

<sup>3</sup> Posição angular da aeronave face à superfície da Terra

<sup>4</sup> Tem a ver se o “nariz” do avião está para cima ou para baixo

<sup>5</sup> Tem a ver se o avião tem a asa esquerda para baixo e a asa direita para cima, ou vice-versa.

armazenar de uma só vez cerca de 1200 imagens (SSD); iv) Resolução das imagens em Pancromático e Multiespectral (imagem final): 13824 x 7680 pixéis; v) Resolução Radiométrica de 12 bits (em pós-processamento 16 bits<sup>6</sup>).



Foto: Edgar Silva, 2010.

**Figura 9 – Câmara DMC da *Intergraph* + IMU**

Importante ainda referir que as imagens provenientes da câmara digital DMC apresentam uma disposição de bandas diferente, no que diz respeito à sua ordem, isto é: i) Banda 1 – Vermelho; ii) Banda 2 – Verde; iii) Banda 3 – Azul; iv) Banda 4 – Infra-vermelho próximo, na ordem inversa de outros sensores.

Esta câmara está montada sobre uma plataforma giro-estabilizada ZI-mount, como foi referido anteriormente, que garante a verticalidade dos fotogramas. Até aqui não há grande diferença comparando com as câmaras de filme (analógicas). No entanto, estas tinham a obrigatoriedade de serem calibradas de dois em dois anos por entidades competentes, ao contrário da DMC (ANEXO 1), cuja calibração é realizada na própria fábrica. Devido à tecnologia utilizada existe apenas um ponto principal e um comprimento focal calibrado que carece de calibrações periódicas, a não ser que seja necessária a

---

<sup>6</sup> Esta resolução é apenas virtual, uma vez que a imagem não tem mais que 12 bits, no entanto, certos *softwares* apenas “lêem” imagens a 16 bits, desta forma em pós-processamento a imagem é convertida.



substituição de algum cone ou outro componente da câmara. Essas calibrações são necessárias para posteriores cálculos na fase da triangulação aérea. Desta forma, os certificados de calibração são fornecidos obrigatoriamente com a entrega da cobertura aérea (ANEXO 2).

### 3.3. Sistemas de Posicionamento e Inerciais

A Unidade de Medição Inercial *IGI AEROcontrol* (IMU) que integra a câmara permite controlar automaticamente a deriva e obter no pós-processamento as coordenadas dos disparos com a máxima precisão, incluindo os parâmetros relativos à atitude da aeronave no momento de cada disparo.

A aquisição de dados em voo para este processo depende da utilização dos seguintes equipamentos: i) IMU (Inertial Measurement Unit) com um GPS integrado; ii) GPS\GNSS integrado com o sistema Inercial.



Fonte: Adaptado de IGI AeroControl, 2010.

**Figura 10 – IMU (Inertial Measurement Unit)**

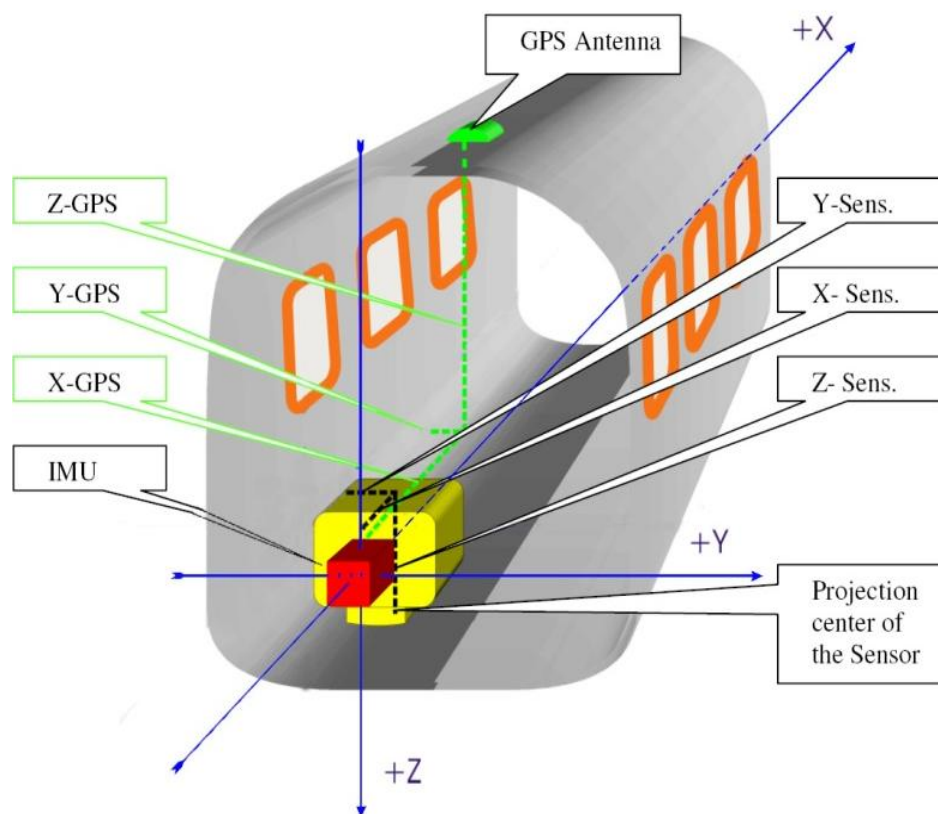
O sistema de IMU é constituído por dois módulos distintos, a Unidade Inercial propriamente dita, que se encontra acoplada à câmara DMC e o AEROControl. A Unidade Inercial contém um conjunto de giroscópios de fibra óptica e um conjunto de acelerómetros que permitem realizar as leituras angulares, velocidades e acelerações gravitacionais da plataforma onde se encontra montado. O AEROControl, por sua vez, tem como função registar as leituras da unidade inercial e do GPS que, por sua vez, tem integrado um receptor GPS/GNSS. Simplificando, trata-se, no fundo, de um CPU.



Fonte: IGI AeroControl, 2010.

**Figura 11 – AEROControl (CPU de registo dos dados GPS-GNSS/INS)**

Este GPS/GNSS integrado é de dupla frequência L1 e L2 da NOVATEL, modelo OEM4 de 24 canais, que permite a recepção do sinal das constelações GPS (Global Position System) Americana e GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) Russa. A antena encontra-se montada na parte superior da fuselagem do avião (ver figura seguinte).



Fonte: Adaptado de IGI AeroControl, 2010.

**Figura 12 – Disposição do IMU e Antena GPS (Offsets)**

De forma a garantir que o processamento considera correctamente o ponto de leitura dos dados, após instalação destes equipamentos, calculam-se devidamente as

diferenças<sup>7</sup> entre a unidade de medição inercial e a antena GPS. Neste caso são utilizadas observações recolhidas com estação total, com leituras realizadas em modo directo progressivo e modo inverso regressivo, permitindo calcular, de forma redundante, os *offsets* entre o IMU e a antena GPS com precisão milimétrica.

---

<sup>7</sup> *offsets*

## 4. PLANEAMENTO DO VÔO

A primeira fase do planeamento do voo consiste na análise das especificações técnicas do Caderno de Encargos, com o objectivo de definir os requisitos da Entidade Contratante, eliminando lacunas na informação.

Posteriormente, dependendo do objecto do trabalho e dos fins a que se destina, é delimitada a(s) zona(s) tendo em conta a representação apresentada em Caderno de Encargos. Após delimitação é observada a sua fisionomia com o apoio das cartas militares (cartografia de base 1:25000 do Instituto Geográfico do Exército).

É importante verificar se existem assimetrias altimétricas na área, já que estas são determinantes para a definição dos planos de voo, para que possam responder às exigências ao nível da sobreposição.

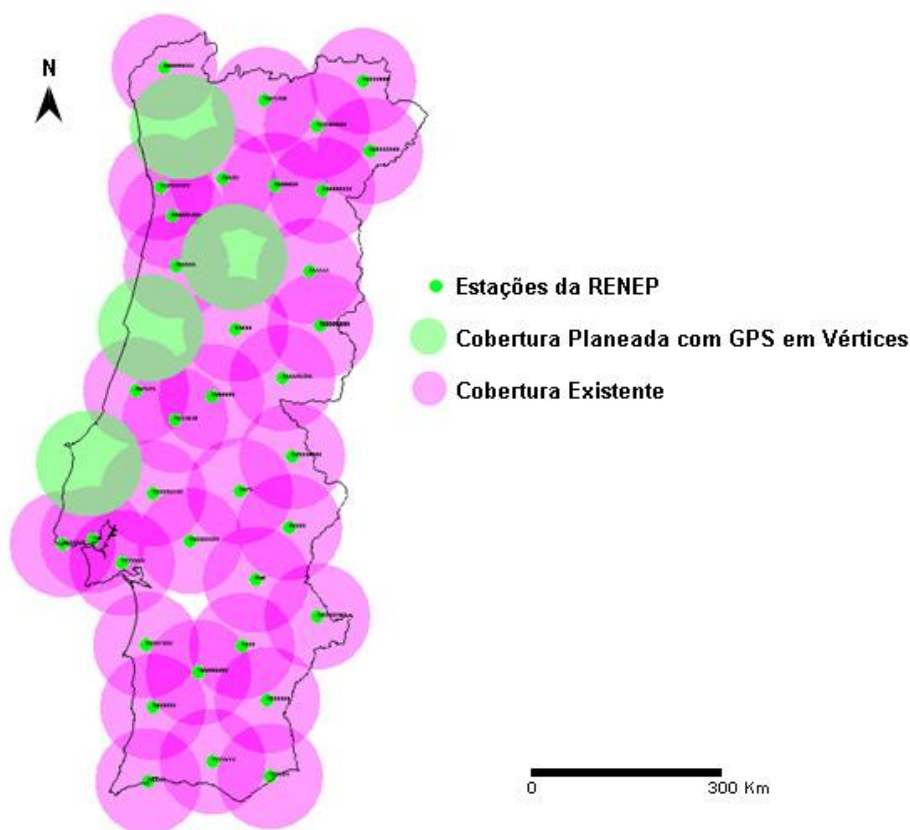
Com a observação efectuada segue-se o cálculo dos parâmetros a utilizar na execução do Plano de Voo e a sua construção com base na produção de imagens com tamanho de pixel igual ou inferior a  $\chi^8$  cm de resolução no solo.

Para garantir os valores de sobreposição exigidos em caderno de encargos, são utilizados na execução de um Plano de Voo para levantamentos à escala 1:25000, valores de base de 960 metros, que resulta numa sobreposição longitudinal média de 74%. Por outro lado, quanto ao espaçamento entre fiadas, são empregues valores de espaçamento de cerca de 3560 metros que preconizam uma sobreposição lateral média de 48%.

Simultaneamente, é programada a localização das estações GPS fixas no terreno, utilizando círculos de distância com um raio de 40 quilómetros, de forma a garantir que cada centro de projecção dos fotogramas não se localize a mais desse valor definido em caderno de encargos de uma estação. Os receptores são colocados em Vértices Geodésicos de 1ª ou 2ª Ordem e é utilizada a Rede de Estações Permanentes do Instituto Geográfico Português sempre que se encontrem no raio de alcance exigido (ver figura seguinte).

---

<sup>8</sup> Ver Tabela Resolução Média no Terreno, pág: 4



Fonte: Municípiã, 2010.

**Figura 13 - Distribuição da RENEP em Portugal Continental, com raio de 40 km**

Esta operação consiste na aquisição de observações GPS em estações no terreno para posterior Processamento com o GPS instalado na aeronave juntamente com o IMU (*Inertial Movement Unit*) para obtenção dos parâmetros da orientação externa.

As tarefas que compõem esta actividade de observação GPS no terreno são:

- i) Escolha dos vértices geodésicos a estacionar; ii) Observação propriamente dita;
- iii) Processamento.

Numa primeira fase e em gabinete são programados os vértices geodésicos, sobre as cartas 1:25.000, que são utilizados em cada zona e confirma-se a sua existência e estado de cada vértice junto do IGP. Devem ser sempre programados vértices adicionais, uma vez que alguns podem não estar em condições adequadas de obtenção de sinal. Exemplo disso é o caso de existir à sua volta vegetação densa.

Para a observação e recolha de dados GPS destes vértices, utiliza-se o método rápido-estático de observação, que nos garante as precisões exigidas na maioria dos Caderno de Encargos.

Para a aquisição destas observações, além das estações fixas da RENEP, utilizam-se, caso seja necessário cobrir alguma aérea que não esteja coberta pela RENEP, receptores GPS de dupla frequência, como são exemplos os GPS Leica das séries 1200 e 500.



Foto: Pedro Neto, 2010.

**Figura 14 – GPS Leica 1200**

Em termos de altura solar os voos devem decorrer no “princípio da Primavera, quando a maior parte das árvores ainda não tem muita folhagem e já não há tantas nuvens no céu” (Redweik, 2007). Geralmente, à nossa Latitude, a melhor altura para voar está compreendida no período entre 8 de Março e 21 de Outubro, altura em que o sol ultrapassa os 40° acima da linha do horizonte e estão reunidas, geralmente, condições meteorológicas que asseguram a obtenção de exposições de qualidade.

Paralelamente, são analisados os aeródromos a utilizar como bases de abastecimento de combustível e estacionamento das aeronaves, são consultadas as informações aeronáuticas relativas às áreas restritas abrangidas na área de trabalho, são revistas e confirmadas as alturas solares a cumprir e, finalmente, são realizadas simulações para estimar tempos de voo e a melhor forma de abordar a área.

O território português tem diversas áreas restritas, perigosas e temporárias que estão previstas em planeamento. No entanto, e maioritariamente nas áreas militares, existem diversas actividades inopinadas que podem afectar, durante dias seguidos, o normal decorrer das missões.

## ESPAÇO AÉREO NÃO GERÍVEL POR AMC

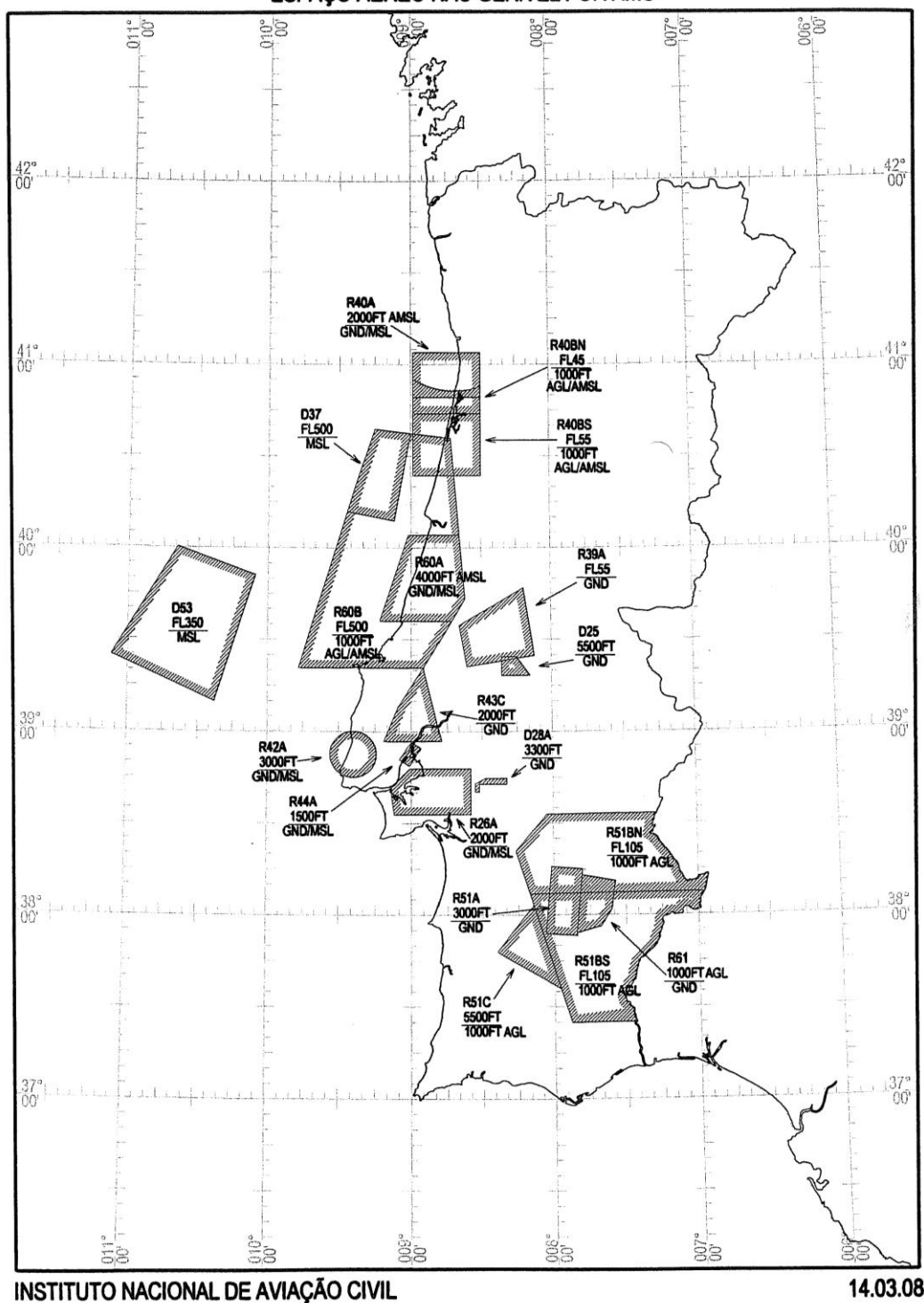
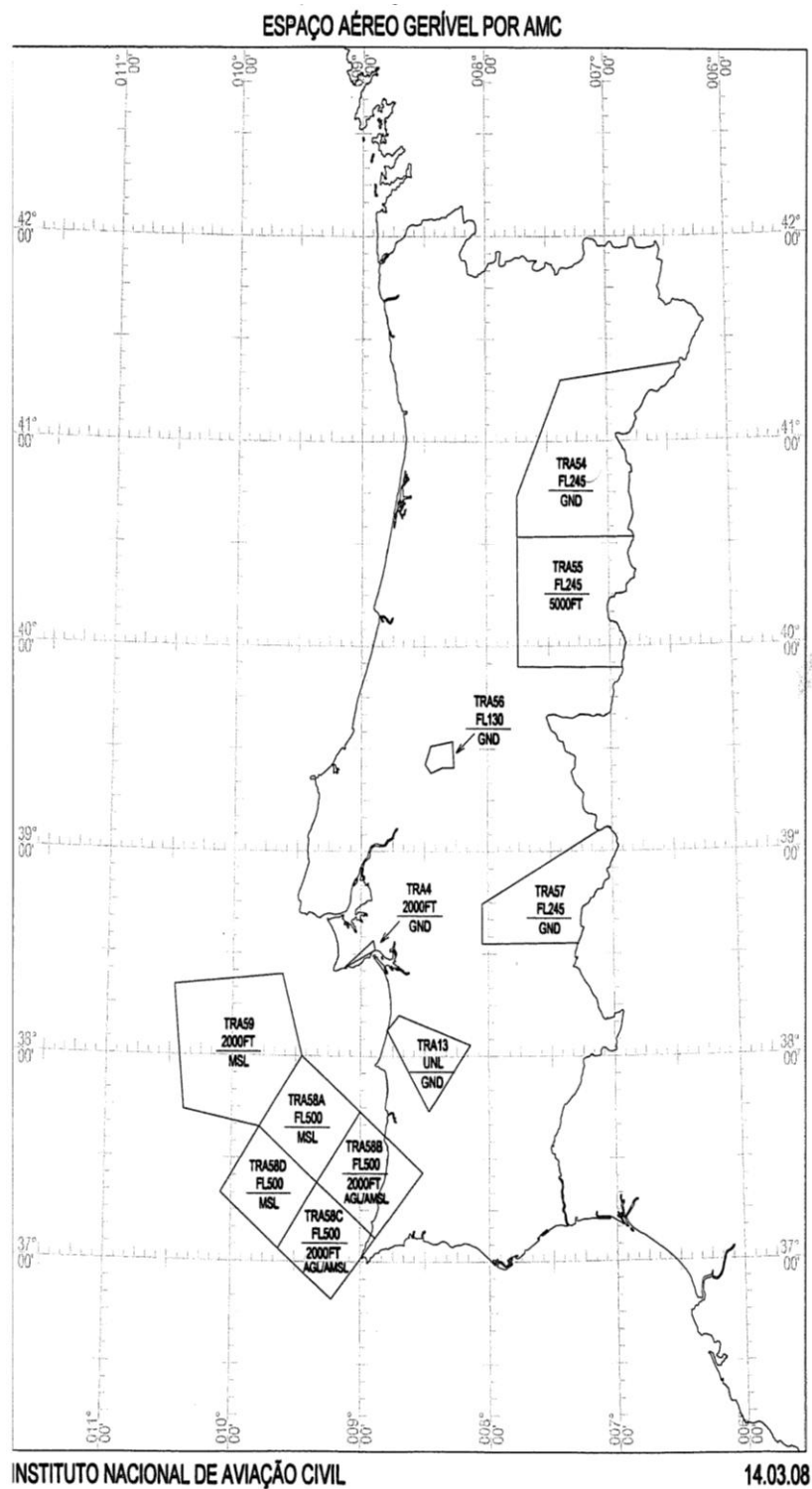


Figura 15 – Áreas Proibidas, restritas e perigosas

Situações semelhantes ocorrem junto das áreas de maior tráfego aéreo (TMA de Lisboa, Porto e Faro) onde não existe uma primazia da operação de fotografia aérea sobre as restantes, dependendo sempre do Controlo de Tráfego Aéreo.



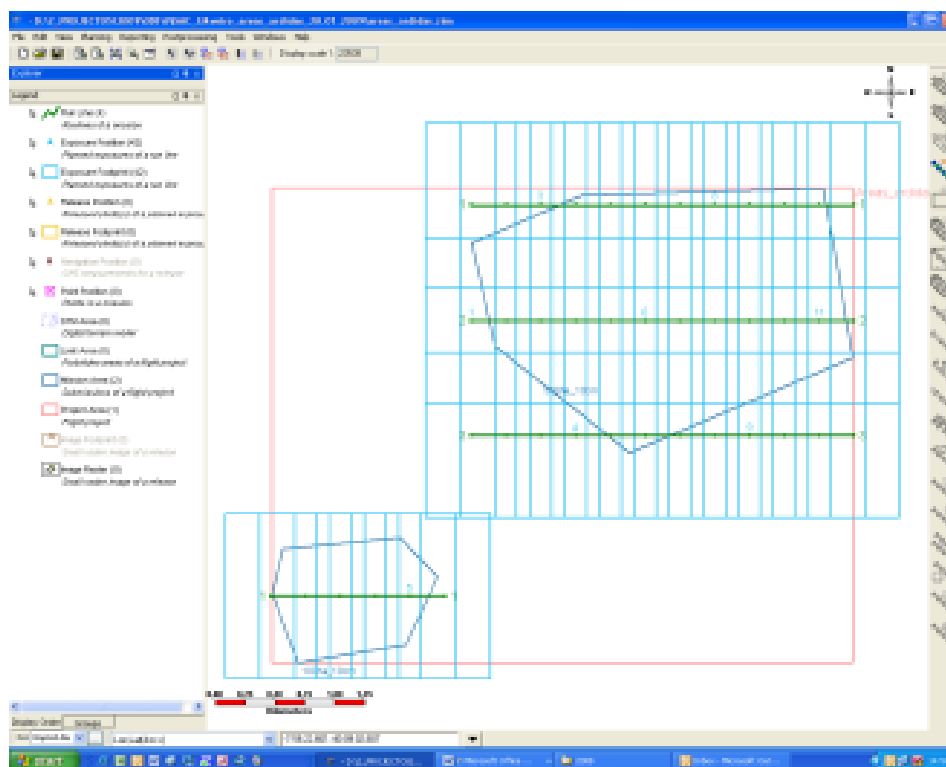
**Figura 16 – Reservas de Espaço Aéreo Temporário**

Para ultrapassar este condicionante deverá existir uma coordenação próxima com os diversos Organismos Aeronáuticos, preconizando a execução dos voos nas janelas temporais de espaço aéreo livre, para que todo o projecto decorra da forma mais célere possível.



O pedido de autorização de fotografia aérea à FAP é devidamente preenchido e solicitado mediante os dias previstos para o voo (ANEXO 3).

Por fim, todo o equipamento de armazenamento (SSD e cartão de memória do Aerocontrol para registo dos dados IMU) é verificado, para garantir a existência de espaço para arquivo da missão a ser realizada.



**Figura 17 – Display do software ZI Mission**

É a partir do software ZI Mission que se efectua todo o planeamento de voo, possibilitando a leitura de ficheiros de formatos distintos, a integração de Modelos Digitais de Terreno para cálculo das altitudes das fiadas e a exportação de planos para visualização em softwares CAD ou no próprio ambiente GoogleEarth.

Após a execução e afinação de todos os parâmetros do projecto é exportado um ficheiro para ser integrado no software de voo ZI Inflight, passando-se, de seguida, a outra fase do processo – Aquisição de Fotografia Aérea.

## 5. AQUISIÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA

Antes do voo é reunida informação meteorológica proveniente de cartas de superfície, cartas de tempo significativo, imagens de satélite, metar<sup>9</sup> e taf<sup>10</sup>, de forma a garantir, dentro do possível, a realização de missões de sucesso na área a fotografar.

Sendo a meteorologia favorável, são então activadas as estações GPS em terra e dar-se-á início às missões, cumprindo o Plano de Voo definido.

Em termos operacionais, na execução da Cobertura são introduzidos parâmetros em voo que asseguram desvios em relação à distância cardinal inferiores a 4°<sup>11</sup>. Todos os desvios de verticalidade passíveis de acontecer devido à atitude da aeronave são corrigidos pela plataforma giroestabilizada ZI Mount, como já foi referido anteriormente<sup>12</sup>.



Foto: Edgar Silva, 2010

**Figura 18 – Estação de leitura de SSD**

---

<sup>9</sup> Observações meteorológicas efectuadas em estações localizadas nos aeroportos. Só servem para a aeronáutica. São transmitidos através de códigos, com periodicidade de hora a hora.

<sup>10</sup> Igualmente só para a aeronáutica, tal como o metar. No entanto, não é em tempo real, mas sim uma previsão da situação meteorológica. Também transmitida por códigos.

<sup>11</sup> A direcção de voo nunca é superior a 4°. Só em casos excepcionais, tais como mudanças repentinas de direcção de vento.

<sup>12</sup> Ver capítulo 3, pág.: 12.

A deriva é corrigida em toda a cobertura automaticamente pelo Sistema Inercial. Efeitos de arrastamento provocados pela progressão da aeronave são eliminados pelo sistema TDI.

Com a aterragem da aeronave, no final da missão, todos os dados estão gravados no disco aerotransportado SSD, sendo depois transportado para Gabinete para processamento. Antes da realização do processamento, é fundamental realizar uma cópia dos dados para disco com *interface* de ligação *SATA* para se obterem melhores *performances*. No entanto, a transferência também pode ser efectuada para discos externos com outro tipo de *interface*, tal como ligação *USB*. Essa cópia é realizada através da estação de leitura de SSD (Figura 18).

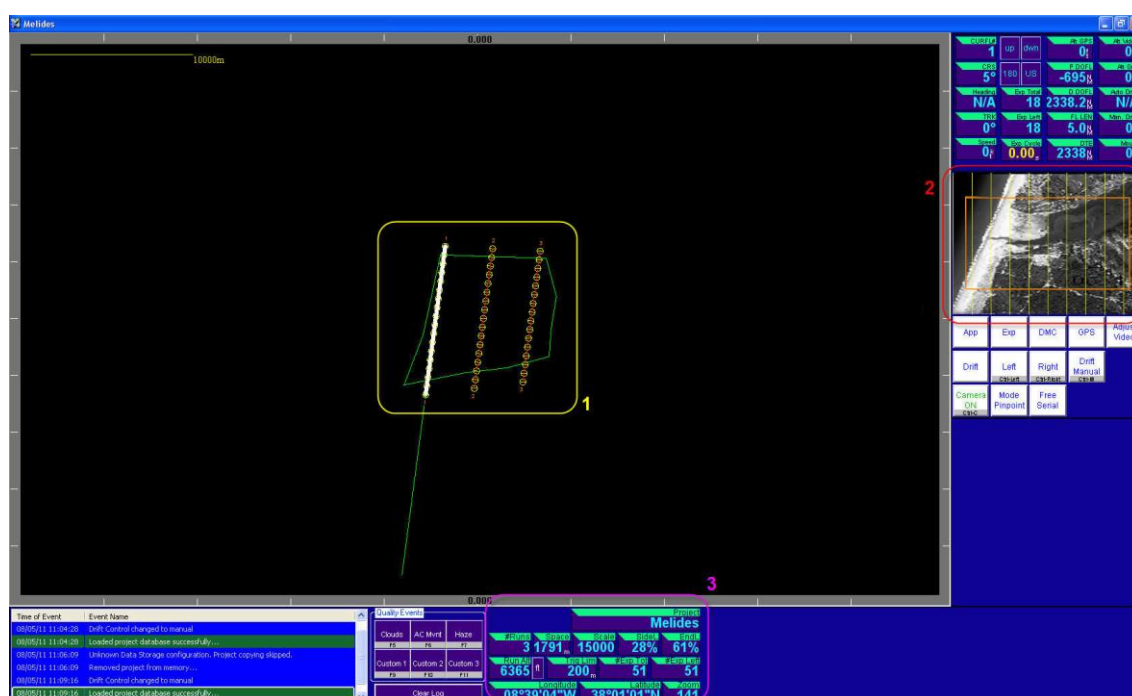


Figura 19 – Display do software ZI Inflight

A gestão de todo o voo está apoiada no Software *ZI Inflight*. Este é bastante “intuitivo” e dirigido para a aplicação do planeamento realizado no software *ZI Mission*, com a máxima eficácia.

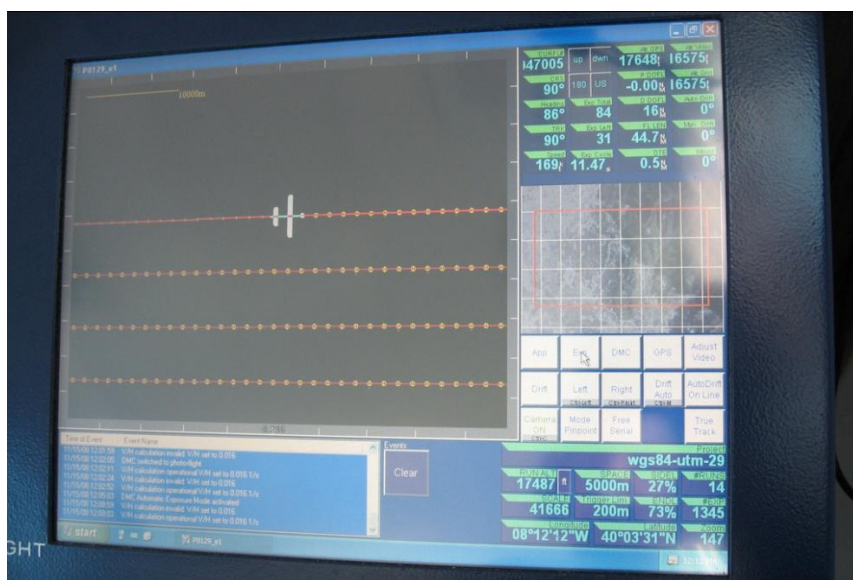
A visualização e acompanhamento do plano estão assegurados por um interface que integra os vectores correspondentes a cada uma das fiadas (1), a imagem real de uma câmara de vídeo instalada na base da câmara (2) e a informação alfanumérica essencial ao voo (3).



Fonte: João Resendes, 2010.

**Figura 20 – Display piloto colocado por cima dos instrumentos do Cessna 402 B**

Esta visualização auxilia, por um lado, o piloto da aeronave a seguir o rumo certo e, por outro, dá a confirmação ao navegador de que o avião segue o rumo traçado e planeado em gabinete. O auxílio prestado ao piloto é feito através de um ecrã móvel colocado no cockpit, que disponibiliza o *display* do plano da missão, como também pelo navegador que segue a bordo na aeronave.



Fonte: Sérgio Bispo, 2010

**Figura 21 – Display navegador**

## 6. PROCESSAMENTO DE IMAGEM E DE DADOS

O processamento de imagem tem como objectivo preparar as imagens originais para integração em Estações de Trabalho de Fotogrametria. Neste processo a imagem adquirida é normalizada, verificada, rectificada, codificada em termos de cor, formatada e disponibilizada para processo de produtos cartográficos.

O processamento dos dados do Sistema Inercial, em conjunto com os dados GPS da aeronave e de terreno, permite obter os parâmetros de orientação externa com precisão, anulando muito do trabalho de apoio de campo que existia após execução de fotografia aérea convencional (com câmara analógica).

Os softwares Post Processing e Digital Image Analyst e GrafNav e AeroOffice constituem o grupo de ferramentas base responsáveis pelo processamento das imagens e pelos cálculos GPS/INS, respectivamente. Seguidamente, para uma melhor compreensão destes dois tipos de processamento, é descrito em maior pormenor o processamento das imagens e dos dados de GPS/INS, bem como os respectivos softwares.

### 6.1. Processamento de Imagem com software Post Processing

Nesta fase as bases de dados alimentadas em voo são carregadas e são definidos o tipo de processamento a utilizar e os produtos finais a obter.

Paralelamente, são realizados estudos de imagens âncora, resultando do seu tratamento a parametrização para o restante projecto.

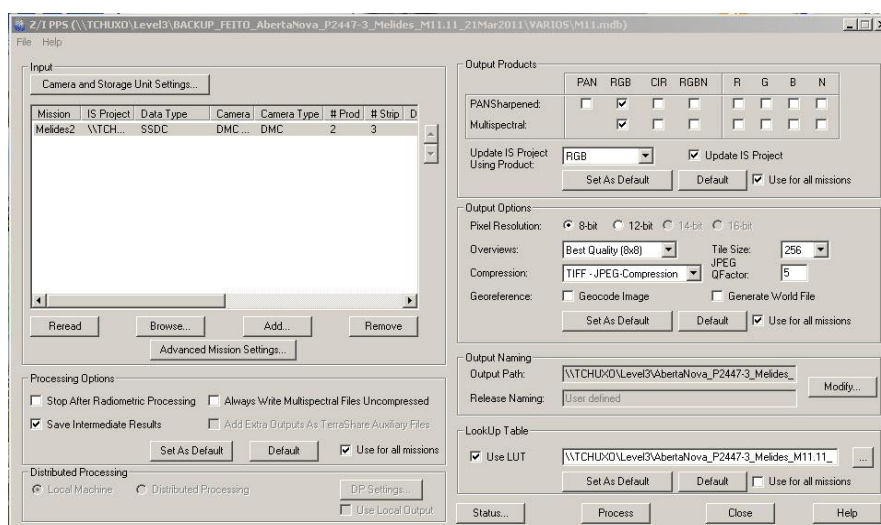
O processamento de imagem propriamente dito assenta nas seguintes fases: i) Processamento Radiométrico; ii) Processamento Geométrico; iii) Mosaico – geração de imagens virtuais; iv) Produção das imagens por banda, visível e composta, conforme o requerido pelo cliente.

O Processo Radiométrico consiste na correcção/compensação dos efeitos de temperatura, impurezas e outros ruídos existentes na atmosfera, no estudo da abertura do diafragma e na correcção de pixel com defeito (para correcção nas imagens multi-espectrais). Esta correcção tem em conta a sensibilidade individual de cada um dos pixéis por CCD (Charge-Coupled Device).

O facto de a câmara DMC ter um CCD de grande formato obriga a tomar um número de medidas que garantam a qualidade dos trabalhos, uma vez que num CCD de grande formato existem sempre algumas correcções a realizar, como referido anteriormente.

Desta forma, para a DMC, *a defect pixel is discovered if the pixel's sensitivity differs more than 30 percent from the median value of a 16 x 16 surrounding area at an illumination of 80 percent of the saturation. With this definition, it is guaranteed that all defect pixels will be covered* (Postprocessing Software User Guide, Abril 2009), por outro lado, os defeitos em coluna *are marked if they differ more than 5 percent from the neighborhood, because the human eye's sensitivity, which is a stronger criterion, is used for defect pixels* (Postprocessing Software User Guide, Abril 2009), permitindo desta forma, a obtenção de uma imagem sem pixéis defeituosos ou sem valor.

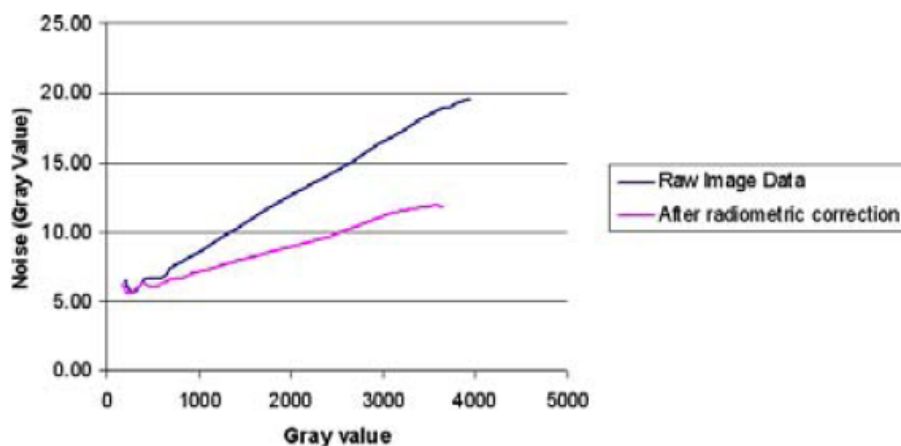
O software Post Processing utiliza o algoritmo vizinho mais próximo para corrigir os erros originados pelo sensor nas imagens, durante a correcção radiométrica. Durante este processo, todos os pixéis são normalizados.



**Figura 22 – Display do software DMC Post Processing**

A variação individual da sensibilidade de cada pixel pode ser relacionada com o nível de ruído da imagem. A figura seguinte demonstra que o ruído da imagem diminuiu após o processo de correcção radiométrica (linha lilás) – realizado em gabinete através do software Post Processing.





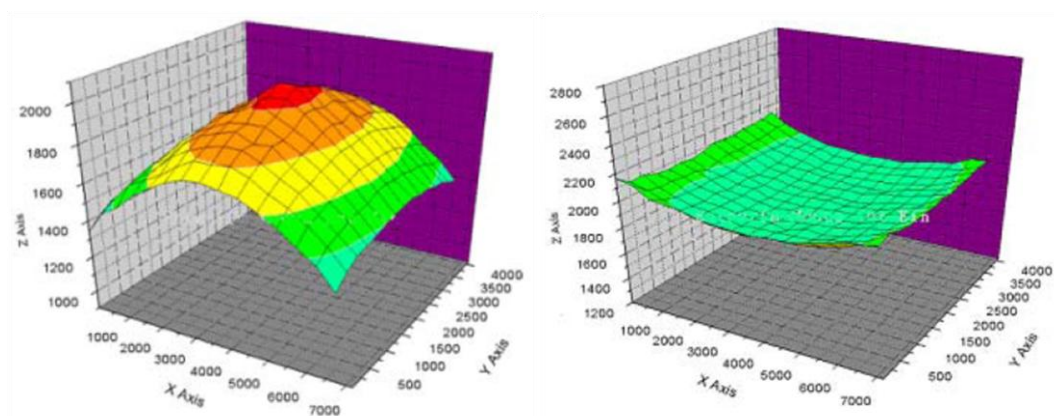
Fonte: DMC - *Postprocessing Software User Guide*, Abril 2009

**Figura 23 – Ruído da Imagem Antes e Depois do processo radiométrico**

Esta diminuição de ruído pode atingir um máximo de 25 níveis de cinzento num intervalo radiométrico entre 0 e 4095 níveis (imagens a 12 bits).

Com o processo de normalização, certas influências de abertura são também corrigidas. A calibração radiométrica vinda de fábrica tem como base uma abertura *standard*, isto é, usa uma abertura de 5.6. Por outro lado, uma correcção para outro tipo de abertura é feita através de uma abordagem polinomial, que tem em conta todas as medições da abertura, já que, para os sensores PAN, a equação polinomial tem que ser obrigatoriamente diferente dos sensores multi-espectrais.

Após essas correcções radiométricas, a imagem produzida apresenta valores uniformes, tal como se observa nas figuras seguintes.



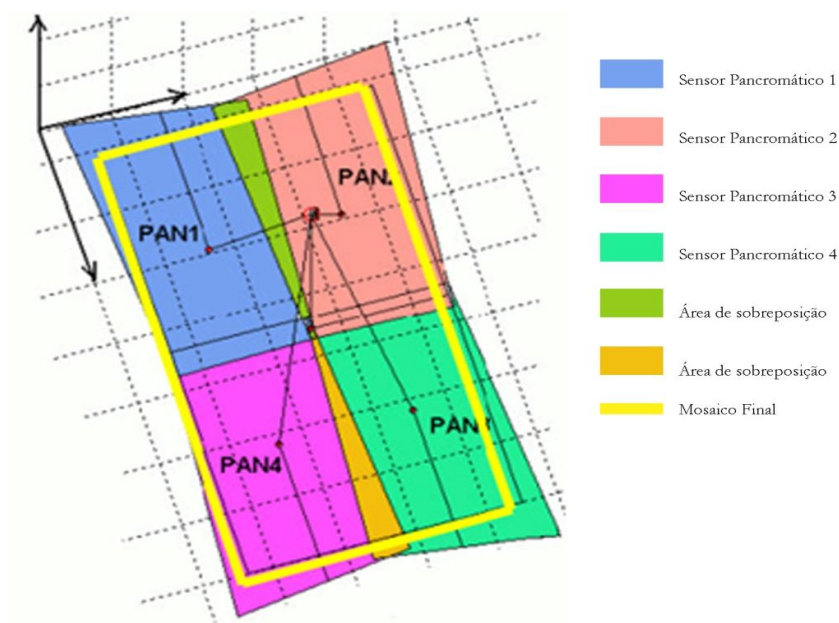
Fonte: DMC - *Postprocessing Software User Guide*, Abril 2009

**Figura 24 – Antes e Depois da Correção Radiométrica**

Após o processo radiométrico das imagens que, de uma forma geral, é aplicado a toda a missão, os modelos das imagens intermédias PAN são geometricamente corrigidas, tendo como base a calibração efectuada a cada um dos cones do sensor. Essa correcção é feita ao nível da distorção causada pela curvatura da lente do sensor e inclinação das diferentes imagens PAN. No mesmo momento, estas quatro imagens PAN são combinadas para formar o mosaico final, que tem a resolução e tamanho máximo possível, isto é, 7680 por 13824 pixéis a 12 bits.

As imagens multi-espectrais são igualmente corrigidas ao nível da geometria, de forma a anular a distorção provocada pela lente do sensor. No entanto, ao contrário das imagens PAN, as imagens multi-espectrais são combinadas através da transformação projectiva. O software possibilita diferentes tipos de algoritmos de transformação para atingir os melhores resultados. Contudo, o algoritmo utilizado na maioria das vezes é o mínimos quadrados (*Postprocessing Software User Guide*, Abril 2009).

Este algoritmo calcula a distância mínima de uma função de duas variáveis, ou seja, calcula o coeficiente linear e angular da recta, construída a partir da distância entre os valores da imagem e os valores da recta. O modo de obter a “melhor recta” minimiza a soma quadrática das diferenças entre os valores da imagem e os valores da recta.



Fonte: Adaptado de DMC - *Practical Experience and Accuracy Assessment*, 2004.

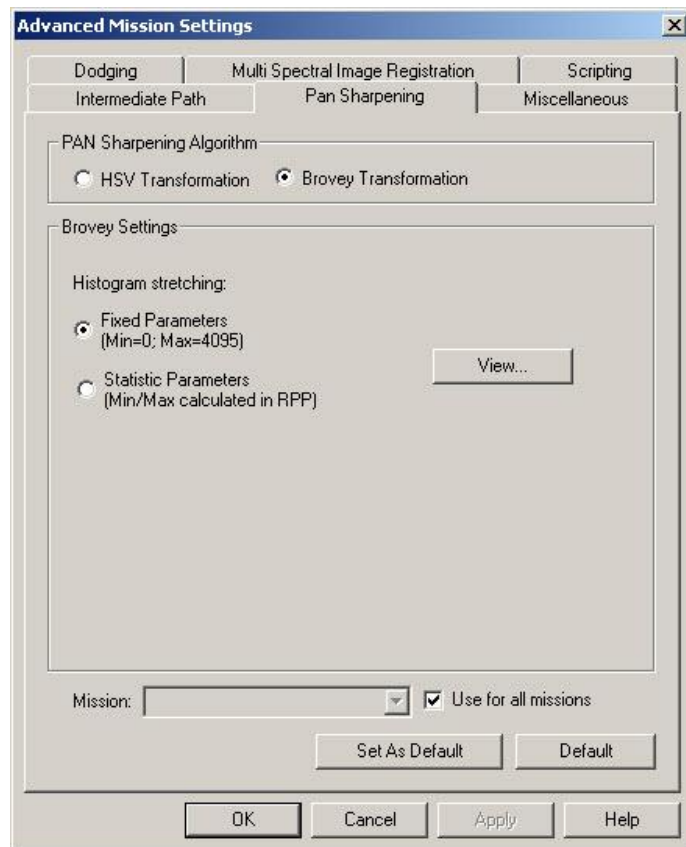
**Figura 25 – Funcionamento dos quatro cones pancromáticos da DMC**



Durante a cobertura aerofotográfica não é necessária a recolha de informação com máxima resolução para a cor, uma vez que o olho humano é menos sensível à cor do que ao contraste e brilho, razão pela qual a câmara DMC regista apenas com máxima resolução as imagens PAN. Esta situação só é possível porque no processo de correcção geométrica o software Post Processing é capaz de realizar a fusão entre as imagens de máxima resolução e as de baixa resolução. Este método de fusão tem o nome de *PAN Sharpening*.

O método PAN Sharpening combina a máxima resolução das imagens PAN com o espectro das imagens multi-espectrais criando, desta forma, imagens de alta resolução radiométrica, geométrica e espectral.

Para realizar esta operação, enumeram-se dois tipos de algoritmo: o HSV-Transformation e o Brovey Transformation, cuja utilização depende da tipologia do território e do produto final. No entanto, o algoritmo mais utilizado é o Brovey Transformation.



**Figura 26 – Opção *Pan Sharpening***

Este algoritmo parte do pressuposto de que os 4 cones multi-espectrais têm a mesma sensibilidade do que os sensores PAN. Desta forma, correcções ao nível do Infravermelho próximo para imagens CIR e/ou correcções na banda do Azul para imagens RGB não são necessárias. Com este algoritmo, o aspecto da cor pode ser influenciado com o alongamento do histograma.

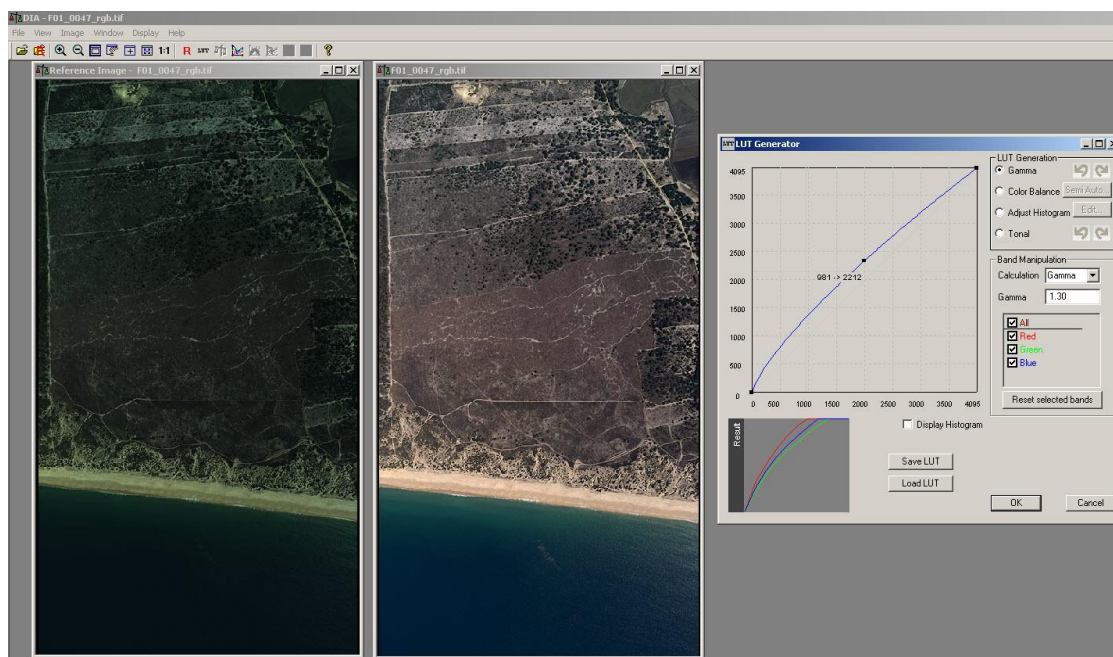
Partindo deste princípio existirão 2 opções segundo o resultado a obter: *Fixed Parameters Option*, onde se especifica que o histograma mantém o mesmo intervalo, ou

*Statistic Parameters*, que calcula para cada imagem um histograma, com flutuante mínimo e máximo, a partir da informação recolhida no processo radiométrico.

## 6.2. Criação de *Look Up Table* com software DIA

Apesar de todas as calibrações realizadas através do software Post Processing, estas não são suficientes para corrigir as distorções causadas por factores como as condições meteorológicas ou a tipologia do território (se é urbano, ou não urbano, com ou sem vegetação, solo a descoberto, etc.). Para esse tipo de correcções são criadas Bibliotecas de parametrização (LUT – Look Up Table<sup>13</sup>) para homogeneizar o máximo possível as imagens que constituem o voo.

Na geração dessas LUT's utiliza-se o software DIA – Digital Image Analist – para equilibrar a cor das diferentes bandas que compõem a imagem, bem como o seu gama. Este cria um ficheiro “LUT” onde são criados novos valores na tabela. Esta serve para introduzir nas imagens processadas no software Post Processing.



**Figura 27 – Display do software DIA - Imagem sem LUT (esquerda); Imagem com LUT (direita)**

Para isso, consoante o produto final requerido pelo cliente, são geradas diferentes LUT's. Imagens a 8 bits utilizam LUT's de 8 bits; imagens a 16 bits utilizam LUT's a 16

<sup>13</sup> Pode dizer-se que são Bibliotecas de parametrização que fazem uma espécie de “maquilhagem” à imagem, ou seja, fazem com que o pixel com valor 205, por exemplo, passe a ter o valor de 225, numa determinada banda.

bits; imagens RGB utilizam LUT's RGB, ou seja, qualquer que seja o produto final pretendido tem que ter uma LUT específica.

Após a criação das LUT's, as mesmas são introduzidas no processo geométrico, para a geração do produto final com os novos valores (Nível 3<sup>14</sup>). A aplicação da LUT acrescenta ao produto final (imagem) um maior rigor e qualidade, capaz de garantir a satisfação dos produtores de cartografia digital.

### 6.3. Processamento de Dados GPS/INS (IMU)

A crescente necessidade de redução de custos no apoio fotogramétrico, associada à evolução tecnológica dos equipamentos, tornando os seus custos substancialmente mais baixos, faz surgir no mercado sistemas alternativos às técnicas clássicas de georreferenciação da fotografia aérea.

O sistema alternativo mais coerente é a integração de um sistema DGPS\INS em voo e neste caso específico na fotografia aérea digital.

Este tipo de sistema consiste no cálculo dos parâmetros de orientação externa utilizados na aerotriangulação, nomeadamente nas coordenadas do centro do fotograma e os ângulos de posicionamento da câmara no momento do disparo (*omega*, *phi* e *kappa*).

A combinação dos sistemas Inercial e GPS\GNSS (Global Position System\Global Navigation Satellite Systems) permite uma melhoria significativa no processamento tanto dos dados Inerciais, como dos dados GPS, atingindo precisões posicionais de alguns centímetros. Tal como refere a marca AEROControl, o sistema acoplado na câmara DMC, garante 5 centímetros de precisão (IGI, 2010).

A aplicação desta técnica permite não só reduzir substancialmente o apoio de campo anteriormente necessário, mas também determinar os parâmetros *omega*, *phi* e *kappa*, oferecendo uma agilização ímpar no processo de aerotriangulação.

As técnicas DGPS\INS são hoje utilizadas não só na fotografia área digital e analógica, mas igualmente em diversos tipos de sensores aerotransportados<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Imagens de Nível 3 são as imagens finais, imagens que estão prontas para entrarem no processo de produção cartográfico

<sup>15</sup> Levantamentos de LiDAR, SAR, sensores térmicos, são exemplos de tecnologias que utilizam o sistema inercial nos seus levantamentos aéreos.

Para efectuar o cálculo são necessários dois processamentos: um relativo aos dados Inerciais, calculados no software do AEROoffice, e outro relativo aos dados GPS calculados no software Grafnav.

O primeiro passo do processamento integrado GPS\INS é constituído pela importação dos dados conjuntos de Inércia e GPS brutos (provenientes do CPU AEROControl) acrescido do pré-processamento para separação em 2 tipos de informação: os dados inerciais propriamente ditos, que nos permitem calcular todas as direcções e/ou inclinações (*phi*, *omega*, *kappa* ou *roll*, *pitch* e *yaw*) das fotografias nos instantes dos disparos; e os dados GPS brutos.

Depois de pré-processados são pós-processados os dados brutos GPS provenientes do avião. Para efectuar este pós-processamento diferencial são necessários, para além dos dados brutos GPS, os dados GPS das estações e GPS no terreno, de modo a proceder às correcções diferenciais de todas as posições GPS recolhidas pelo receptor integrado na unidade inercial.

O planeamento das estações fixas para recolha de dados GPS é realizado de acordo com o critério de distância entre eles, garantindo no mínimo que existe uma estação fixa no terreno a uma distância máxima de 40 km para cada disparo. Sempre que este critério não se verifique, é necessário instalar estações em vértices geodésicos de primeira ou segunda ordem de modo a garantir a distância máxima dos 40 km (Capítulo 5, pág. 18, Figura 13).

Devido ao facto do GPS do avião recolher uma leitura a cada meio segundo e os dados das estações de referência efectuarem leituras com uma periodicidade de um segundo (mínimo disponibilizado), existe a necessidade de proceder a uma interpolação dos seus dados para intervalos de meio segundo.

Todos os dados GPS, depois de transformados, são devidamente verificados e, em caso de necessidade, os dados de *Doppler*<sup>16</sup> são recalculados caso estejam em falta. Este factor pode ser determinante, nomeadamente na propagação do sinal GPS, uma vez que permite compensar a variação de frequência a que o sinal está sujeito ao longo do seu percurso entre o satélite e o receptor GPS.

---

<sup>16</sup> Variação de frequência de uma onda ao longo de um trajecto. Exemplo: “quando se ouve uma mota, ouve-se o som a aumentar e seguidamente a diminuir à medida que esta se afasta”

No processamento, por defeito e por recomendação do fabricante, usa-se um ângulo de máscara de  $12.5^\circ$ . Em caso de necessidade pode ser reduzido com segurança até ao  $10^\circ$ , se o número de satélites não for suficiente para obter uma solução fiável.

Para que a solução GPS seja a melhor possível, a rota do avião é processada no sentido directo e no sentido inverso, criando uma série de redundâncias importantes para o cálculo dos dados finais de processamento.

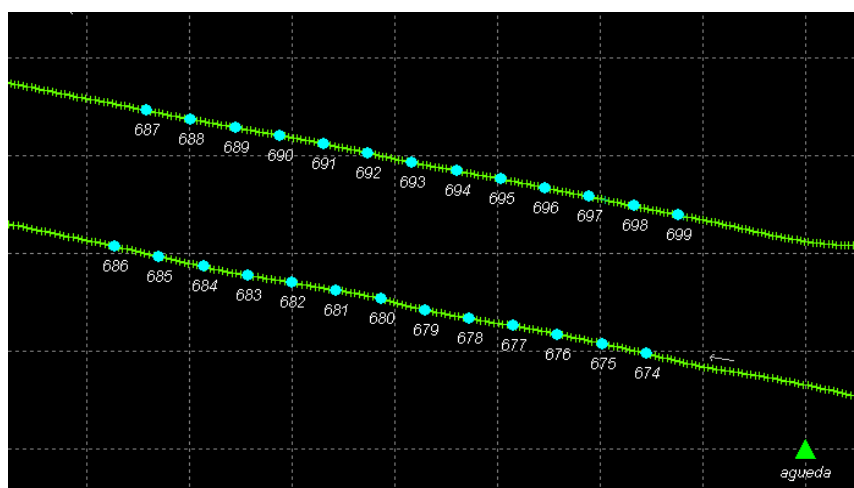


Figura 28 – Trajectória resultante do processamento combinado

O processamento dos dados GPS recorre a algoritmos específicos utilizados em processamento cinemático OTF, como é o exemplo do KAR<sup>17</sup>.

Os resultados são sempre avaliados cuidadosamente num primeiro processamento e podem impor-se restrições *a posteriori*, ou mesmo adicionar dados, para melhorar a solução. Após este primeiro processamento GPS são verificados diversos parâmetros de controlo para assegurar a qualidade dos dados.

Caso a solução não seja satisfatória podem ser utilizadas efemérides de precisão<sup>18</sup> ou mesmo modelos ionosféricos<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> Algoritmo próprio para resolver as ambiguidades de GPS em modo sinemático.

<sup>18</sup> Órbitas de satélites calculadas com maior precisão.

<sup>19</sup> O sinal proveniente do satélite, ao atravessar a atmosfera, nomeadamente, a ionósfera, sofre atrasos. Este modelo corrige esse atraso.

A última fase do processo global de cálculo GPS\INS consiste no processamento integrado dos dados GPS pós-processados e dos dados inerciais.

No fim do processamento são averiguados os dados de processamento final, através da comparação dos dados Inerciais e dos dados GPS, confirmando a inexistência de discrepâncias entre os mesmos e garantindo que o processamento se encontra coerente e sem falhas.

Para a saída final de dados é aplicada uma correcção aos ângulos do IMU, sendo para o efeito utilizados os parâmetros de desalinhamento, que devem ser previamente calculados a partir de um campo de calibração.

Neste campo são efectuados pontos de controlo, é realizada a cobertura aerofotográfica do mesmo e, por fim, procede-se à respectiva triangulação aérea através do método clássico (orientação interna, relativa e absoluta), com utilização dos pontos levantados (PF's).

Após conclusão da triangulação aérea são exportados os parâmetros da orientação externa nela calculados e importados para o software de processamento GPS\INS, resultando numa comparação entre os dados independentes da triangulação aérea e os dados provenientes do processamento integrado GPS\INS.

Com esta comparação são calculados os ângulos de desalinhamento da unidade de medição inercial relativamente ao sensor (DMC), bem como os desvios dos centros em X, Y e Z.

Uma vez finalizado o processamento dos dados GPS\INS, estes são exportados para os sistemas de coordenadas pretendidos, com os parâmetros de calibração devidamente aplicados, bem como as devidas correcções (convergência de meridianos<sup>20</sup>) introduzidas nos dados de saída.

Os dados finais de saída consistem nas posições de cada um dos centros dos disparos e dos ângulos de orientação das respectivas imagens.

Com este procedimento o sistema integrado GPS/INS permite alcançar precisões que os dois sistemas, a funcionar de uma forma independente, não conseguiriam.

---

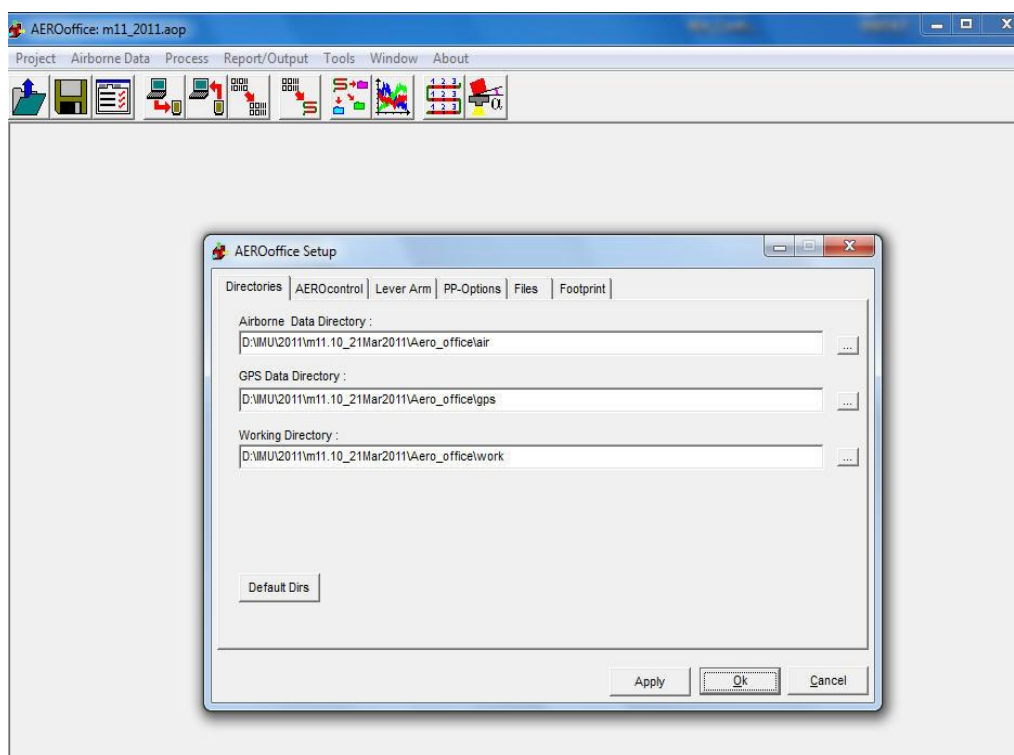
<sup>20</sup> Ângulo formado entre o Norte Geográfico e o Norte Cartográfico.

Por um lado, o sistema integrado permite utilizar o melhor que cada um dos sistemas tem e, por outro, aproveitando a comparação de dados entre eles, verifica e corrige erros e, conseqüentemente, garante a complementaridade entre estas duas ferramentas.

#### 6.4. Processamento de Dados GPS/INS (IMU) com softwares

##### *AEROoffice e Grafnav*

Para proceder ao processamento dos dados GPS e Inerciais, são utilizados os softwares i) AEROoffice – pré e pós processamento dos dados IMU/GPS; ii) Waypoint Grafnav – pós processamento dos dados GPS.



**Figura 29 – Display do software AEROoffice**

O AEROoffice é o software que permite descarregar a informação da unidade de medição inercial AEROControl, pré-processar a mesma de modo a separá-la em dados inerciais e dados GPS, e efectuar o processamento integrado dos dados Inerciais e dos dados GPS pós processados, tal como foi descrito no ponto anterior.

O software Waypoint Grafnav permite realizar o processamento dos dados GPS/GNSS provenientes do pré processamento dos dados IMU no AEROoffice, sendo nesta fase integrados os dados finais do processamento GPS no pós-processamento do AEROoffice.

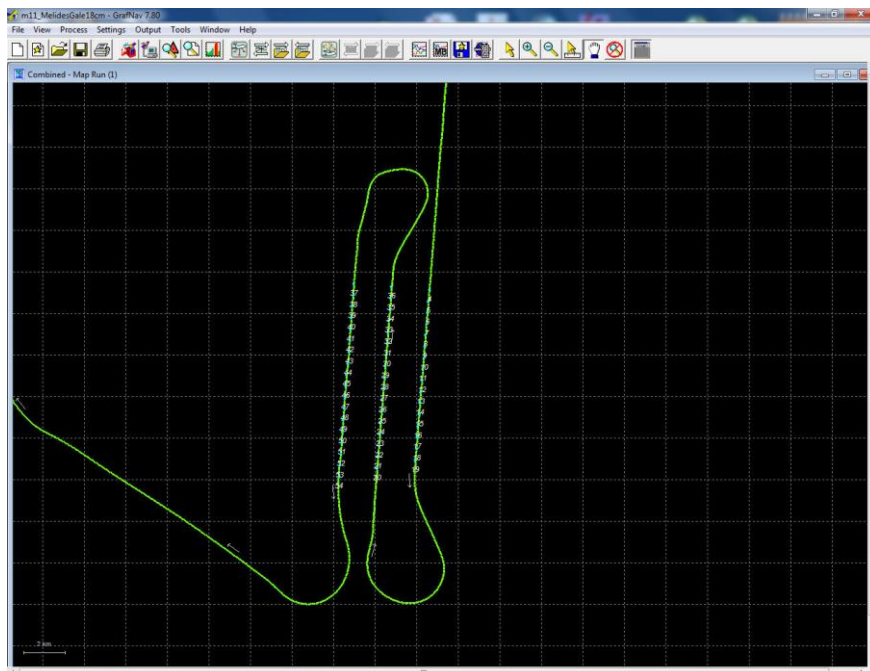


Figura 30 – Display do software Waypoint Grafnav



## 7. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DA IMAGEM

### 7.1. Análise Radiométrica da Imagem

No mundo da fotografia aérea uma das partes mais importantes é a avaliação da qualidade da imagem produzida após a cobertura aerofotográfica, sendo imprescindível avaliar a imagem em termos da sua qualidade Radiométrica e Geométrica.

Durante o processamento de imagem, e à medida que são produzidas imagens, é efectuado o respectivo controlo de qualidade, que depende de uma ferramenta de análise estatística criada propositadamente para o efeito.

O controlo Radiométrico assenta fundamentalmente nos princípios básicos da estatística descritiva da imagem e no que esta devolve através da análise dos seus DN's (*Digital Numbers*).

Pode dizer-se, de uma forma sintética, que enquanto o sistema visual humano não é sensível a muitas variações de intensidade da imagem, conseguindo distinguir apenas cerca de 30 níveis de cinza diferentes, os sistemas digitais não têm qualquer tipo de limitação, conseguindo diferenciar qualquer quantidade de níveis de cinza (SARMENTO, et al, 1999).

Desta forma, em termos estatísticos, as imagens são analisadas segundo determinados parâmetros, os quais irei descrever de forma sucinta:

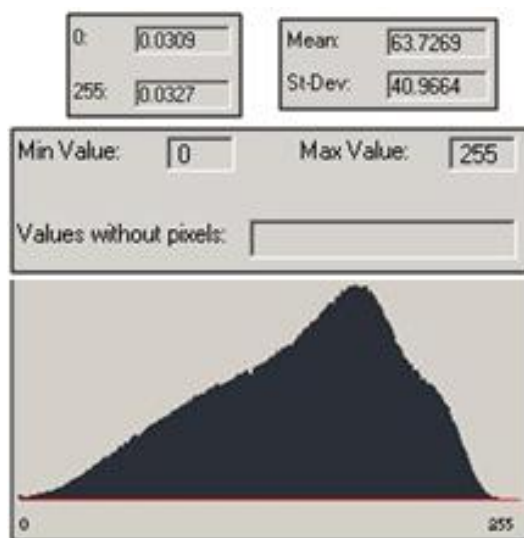
- i) Média - definida pelo somatório dos valores de cinza de todos os pixéis da imagem dividido pelo número total de pixéis, permitindo aferir se uma imagem é escura ou clara, dependendo se tem uma média baixa ou alta relativamente ao total de níveis digitais nos quais está codificada ( $2^n$ );
- ii) Variância – representada pelo desvio dos níveis de cinza em relação ao nível de cinza médio;
- iii) Desvio padrão - raiz quadrada da variância, conduzindo a análises sobre a homogeneidade da imagem;
- iv) Moda - valor de cinza mais frequente na imagem, calculado através da análise de frequência de todos os níveis de cinza e determinação daquele com maior frequência;
- v) Mediana - divisão da imagem em duas partes iguais, com a distribuição dos valores ordenados;

- vi) Histograma - Gráfico de relação entre os valores de cinza (eixo do x) e a quantidade de pixéis com esses valores (eixo do y do gráfico). Do ponto de vista estatístico o histograma de uma imagem digital representa a função de distribuição de probabilidade ( $f_{dp}$ ) dos valores de cinza presentes na imagem. Basicamente, com a divisão de todos os valores de frequência pelo número total de pixéis da imagem, resulta a construção dessa mesma função ( $f_{dp}$ ). O histograma permite aferir, de uma forma rápida, a luminosidade média e a homogeneidade da imagem.

Tendo como base a estatística descritiva, bem como a experiência de processamento, o controlo radiométrico das imagens proposto é constituído por dois métodos fundamentais.

O primeiro método denomina-se de Controlo Primário, que não é mais que a análise propriamente dita da imagem ao nível dos seus valores estatísticos recolhidos através da ferramenta desenvolvida internamente.

Assim, para a execução deste controlo foram introduzidos na aplicação os princípios da análise estatística automática da imagem. Esta aplicação devolve, após o estudo da imagem, os seguintes resultados:



- i) Saturação de brancos e pretos
- ii) Média e desvio padrão
- iii) Valor mínimo, máximo e existência de pixéis sem valor
- iv) Histograma da imagem

**Figura 31 – *Snapshot* da ferramenta de análise denominada Controlo de Imagens**

A disponibilização do histograma em modo gráfico, elaborado com base na função de distribuição de probabilidade ( $f_{dp}$ ), permite uma interpretação rápida e precisa da distribuição dos níveis de cinza da imagem.

O segundo método denomina-se Controlo Secundário e corresponde a uma análise, realizada pelo técnico de processamento de imagem, à visualização de todas as imagens da cobertura. Desta forma, este é capaz de detectar qualquer tipo de não conformidade nas imagens.

Assim, o primeiro passo a realizar é a visualização total do voo através da elaboração de um mosaico temporário<sup>21</sup> para detecção de lacunas, nuvens, neblinas, problemas de fusão, problemas de TDI e confirmação da homogeneidade do voo após processamento.



**Figura 32 – Mosaico temporário do Concelho de Oeiras 2011 (Primerio Processamento)**

O segundo passo é a análise dos dados tendo por base a tabela produzida pela aplicação, onde são verificados os seguintes parâmetros em maior pormenor:

i) Saturação da Imagem – que deve ser inferior a 0,5% nas duas extremidades do histograma. Ou seja, as imagens com valores fora deste intervalo são detectadas automaticamente e visualizadas para confirmar não conformidades ou para identificar se existem áreas de pedreiras, água, floresta densa, ou outros fenómenos que possam causar a discrepância do valor óptimo;

---

<sup>21</sup> Este mosaico temporário não é mais que uma simples *display* das imagens em ambiente CAD, em que cada imagem tem um TFW associado, para que cada imagem seja colocada geograficamente com a posição e orientação correcta de disparo.

ii) Média e desvio padrão são analisados também. Numa imagem com 256 níveis, a média deve situar-se entre o intervalo [64-192], ou seja, no 2º e 3º quarto do histograma, sendo que, quanto mais próximo o valor se encontrar do centro do histograma, mais equilibrada é a imagem ao nível de luminosidade. O desvio padrão deve apresentar um valor baixo, evidenciando a homogeneidade da radiometria da imagem;

iii) Finalmente, os valores mínimos e máximos, bem como a ocorrência de pixéis sem valor, são verificadas. A frequência de níveis de cinza deve abranger todo o espectro radiométrico do histograma e o seu uso efectivo da resolução radiométrica deve exceder os 99,5%.

Como forma de aligeirar todos estes processos, foi criada uma série de *queries* que efectuem de uma forma rápida e sistemática os cálculos necessários para aferir as metas que foram estipuladas anteriormente.

Como método eliminatório, utilizam-se *queries* que efectuem a média de todas as imagens da cobertura, permitindo a obtenção de uma percepção estatística de toda a cobertura. Caso essa “média das médias”, chamar-lhe-emos assim, não seja favorável, efectua-se uma análise com maior pormenor, imagem a imagem.

## 7.2. Análise Geométrica da Imagem

A análise geométrica da imagem é outro tipo de controlo de qualidade efectuado à sua geometria, ou seja, se esta tem ou não o *pixel size* planeado, bem como sobreposição entre imagens e deriva do rumo planeado. Esta forma de controlo é efectuada a partir dos cálculos apurados do sistema de GPS/INS.

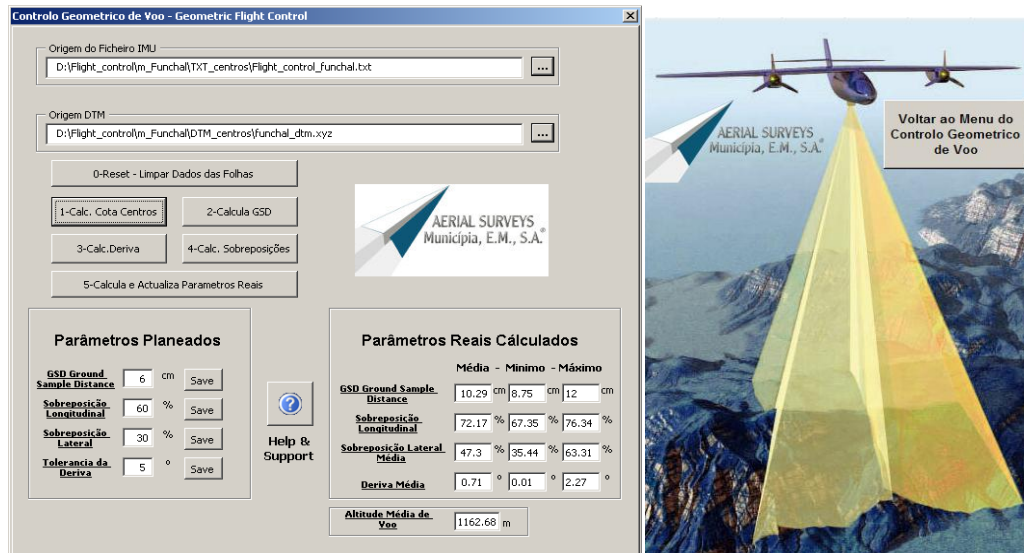


Figura 33 – *Display* da ferramenta de análise

Este controlo assenta, uma vez mais, numa ferramenta de desenvolvimento interno que combina os dados GPS/INS e modelos digitais do terreno, e assegura o cumprimento dos parâmetros definidos para o plano de voo.

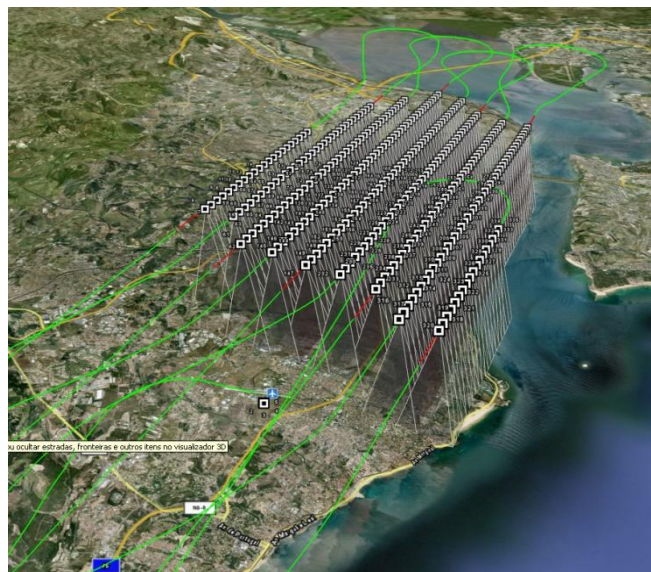


Figura 34 – Localização dos centros de disparos e projecção das imagens em Google Earth, para recolha de MDT

Desta forma, os componentes calculados por esta ferramenta são os seguintes:

i) O GSD (ou resolução geométrica média no terreno) para cada uma das fotos. Este é calculado através da altitude ortométrica de voo do disparo e da sua correspondente no terreno que é extraída a partir do modelo digital de terreno.

ii) A Sobreposição Longitudinal (ou base entre imagens) e a Sobreposição Lateral (ou espaçamento entre fiadas) é calculada através da resolução geométrica da imagem (altura e largura em pixéis) e do GSD calculado anteriormente para cada imagem. Desta forma, consegue-se calcular as dimensões reais de cada imagem. A partir das dimensões reais de cada imagem e das coordenadas dos seus centros afere-se as sobreposições longitudinais e laterais entre as imagens com grande precisão.

iii) A Deriva (ou desvio ao rumo planeado) que é calculada a partir do ângulo *Kappa* proveniente do sistema inercial e da direcção de voo planeada para cada uma das fiadas. Desta forma, a aplicação devolve em graus a diferença entre a direcção planeada e a direcção voada, não podendo ser superior a 5°.

Em suma, o controlo efectuado à totalidade das imagens resulta num relatório final de análise estatística, que aglomera o controlo geométrico e radiométrico de toda a cobertura. Todos os parâmetros analisados são registados, bem como as datas de análise e o técnico responsável por tal análise.

## 8. AFERIÇÃO DO MODELO DE CONTROLO DE QUALIDADE

A forma mais concreta de avaliar se uma nova forma de apreciação de controlo de qualidade funciona, ou se este novo modelo é eficiente, é através da realização de um teste *in loco*.

Assim, para aferir o comportamento deste novo modelo e a veracidade da teoria referida anteriormente, fez-se um teste efectivo a toda a cobertura aérea digital realizada recentemente pela empresa Município, E.M., S.A. em Melides (Alentejo Litoral), onde todos os passos referidos no capítulo 7 são avaliados

### 8.1. Enquadramento

As imagens utilizadas para esta avaliação fazem parte da Missão 11/11, cobertura aerofotográfica digital levada a cabo pela Município, E.M., S.A. Esta missão abrange uma área de 3300 Ha perto de Melides, Galé. Foi realizada no dia 21 de Março de 2011, entre as 13h15m e as 13h27m.

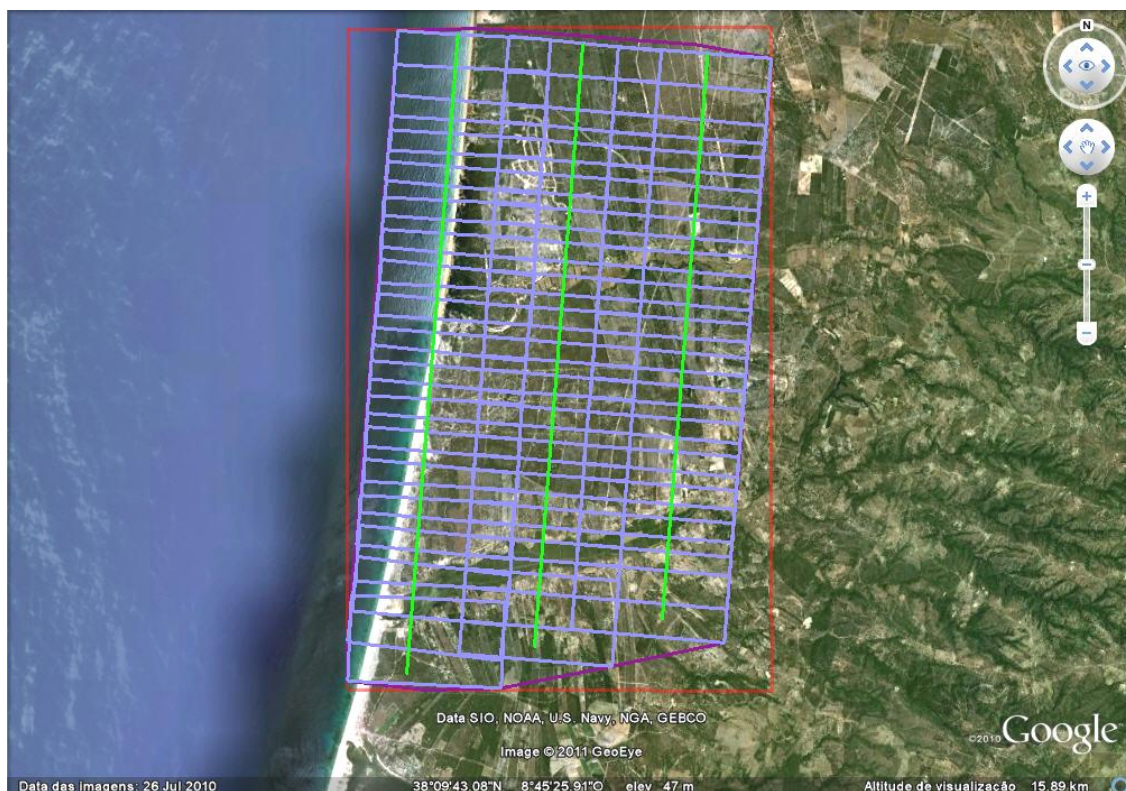
Esta cobertura tem como finalidade a produção cartográfica e/ou levantamentos topográficos. Desta forma, a câmara utilizada para esta aquisição destas imagens foi a DMC<sup>22</sup>, com a qual a verticalidade do disparo é sempre garantida. O ângulo solar durante a missão foi de 35°, exigência imposta pelo cliente que contratou o trabalho.

Para garantir os níveis de sobreposição exigidos, foram planeados comprimentos de base na ordem dos 539 metros e uma sobreposição longitudinal de 1792 metros (espaçamento) para um nível médio de voo de 1870 metros (6135 pés), uma vez que estamos a falar de uma cobertura aerofotográfica que tem de garantir um *pixel size* de 18 cm, para produção de ortofotomapas com o mesmo *pixel size*.

---

<sup>22</sup> Descrita no ponto 3.2 deste trabalho de projecto, pág. 12.





**Figura 35 – Esquema de voo de Melides, sobre fundo de imagem GeoEye (Google)**

A cobertura aerofotográfica digital executada é constituída por 3 fiadas, com um total de 51 imagens (Figura 35), da qual se utilizaram para esta avaliação efectiva todas as imagens da missão.

## 8.2. Análise da Radiometria da Imagem

Após carregada a base de dados através da aplicação de análise da radiometria (Análise Primária) e visualizado o histograma à medida que a base de dados é carregada, e não tendo sido identificada nenhuma inconformidade, podemos realizar a Análise Secundária.

Seguindo o procedimento proposto no capítulo anterior, realiza-se a visualização total da missão através da elaboração de um mosaico temporário em ambiente CAD.





Figura 36 – Mosaico temporário de Melides (2011)

Com esta visualização podemos aferir à primeira vista que no 2º disparo da fiada 1 (figura 36), houve um pequeno desvio, no entanto, esse desvio não é significativo, já que no disparo seguinte o rumo foi retomado. Verificou-se também que o disparo em causa ficou fora da área a cartografar. Permite ainda aferir que o voo se encontra homogêneo após processamento, e por isso, aprovado.



**Figura 37 – Desvio verificado no 2º disparo, 3º disparo o rumo foi estabelecido**

O segundo passo, tal como descreve o procedimento, é a análise dos dados, tendo por base a tabela produzida pela aplicação, elaborando de forma estatística a análise.

Saturação Pretos	Saturação Brancos	Média	Desvio Padrão	Uso Resolução Radiométrica	Total Imagens
0,0023	0,0106	73,70	41,24	99,68	51

**Tabela 2 – Resultado da Análise estatística da cobertura**

Através da análise da tabela 2, no que concerne à saturação da imagem, esta cobertura apresenta uma média de todas as imagens de 0,0023 para os pretos e de 0,0106 para os brancos. Estes resultados são inferiores ao que é estipulado e, desta forma, a cobertura está conforme o nível da saturação da imagem.

A média e desvio padrão apresentam um valor médio de 73,70 e 41,24, respectivamente. Tal como se visualizou no mosaico, é comprovado, estatisticamente, que o voo apresenta uma luminosidade equilibrada e uma homogeneidade radiométrica.

Finalmente, o uso efectivo da resolução radiométrica da cobertura é de 99,68%, valor superior ao requerido (99,5%) e que é considerado conforme.

### 8.3. Análise Geométrica da Imagem

Após a fase de apuramento dos dados do sistema de GPS/INS, realiza-se o controlo geométrico da imagem. Para esta cobertura em particular foram tidos em conta os seguintes parâmetros para planeamento de voo, conforme constam na Tabela 3.

GSD Planeado	18cm
Sobreposição Longitudinal Planeada	60%
Sobreposição Lateral Planeada	30%
Tolerância da Deriva	5°
Altitude Média de Voo	1870m

**Tabela 3 – Parâmetros de planeamento de voo**

Nesta fase dá-se início à aplicação. Finalizado o processo, a aplicação devolve a seguinte tabela:

	Média - Mínimo - Máximo		
<u>GSD Ground Sample Distance</u>	18.07 cm	17.97 cm	18.5 cm
<u>Sobreposição Longitudinal</u>	62.1 %	61.13 %	62.97 %
<u>Sobreposição Lateral Média</u>	30.03 %	28.56 %	31.8 %
<u>Deriva Média</u>	0.5 °	0.01 °	2.34 °

**Tabela 4 – Parâmetros reais calculados (médios, mínimos e máximos)**

Realizando uma análise a cada um dos parâmetros calculados pela aplicação, afere-se que a cobertura respeita os valores planeados e requeridos pela entidade contratante. Desta forma, a cobertura ao nível geométrico encontra-se conforme e dentro dos valores estipulados.

Na fase final, como forma de reunião de toda a informação apurada para esta missão analisada *in loco*, apresenta-se o relatório tipo proposto no final do capítulo anterior. Para este projecto, em particular o relatório proposto, teria a apresentação que consta na Figura 37.

FICHA DE PROJECTO				
Nº		Descrição	Melides - Galé	Cliente
REQUISITOS / CONTROLO DE QUALIDADE				
<b>Geometria</b>		<b>PLANEADO</b>	<b>REAL</b>	<b>VERIFICADO / TÉCNICO</b>
Escala/GSD		18	18.07	21-03-2011 Edqar Silva
Sobreposição Longitudinal		60%	62.1	21-03-2011 Edqar Silva
Sobreposição Lateral		28%	30.03	21-03-2011 Edqar Silva
Deriva		<5°	0.5	21-03-2011 Edqar Silva
Altura Solar		35°		
<b>Radiometria</b>				
Nuvens		<5%	0	21-03-2011 Edqar Silva
Manchas / Lacunas		0	0	21-03-2011 Edqar Silva
Saturação Brancos		<0.5%	0	21-03-2011 Edqar Silva
Saturação Pretos		<0.5%	0.01	21-03-2011 Edqar Silva
Uso Resolução Radiométrica		>99.5%	99.68	21-03-2011 Edqar Silva

Figura 38 – Exemplo de Relatório Final

Nesta ficha de projecto fica explícito e sucinto, todo o controlo de qualidade efectuado à cobertura aerofotográfica digital. Rapidamente constatamos que os valores de referência são garantidos, excedendo na maioria dos casos, bem como a data desse controlo e o técnico responsável pelo mesmo; registos esses, fundamentais para averiguações futuras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste Trabalho de Projecto alcançou objectivos estabelecidos de início, ou seja, a sistematização de uma metodologia geral para a obtenção de fotografia aérea com câmara digital para fins civis, em Portugal.

Com esta metodologia conseguiu-se uma melhor optimização nos processos de controlo de qualidade de imagem, já que todos os procedimentos iniciais, quer o da preparação do planeamento como o da execução da cobertura, eram procedimentos já consolidados na prática de obtenção de fotografia aérea com câmara analógica.

Assim, o controlo de qualidade efectuado, que foi introduzido nesta nova metodologia, remete-nos para a importância da calibração da radiometria na imagem. Uma vez que estamos a trabalhar com câmaras digitais, que permitem uma profundidade de cor muito superior comparativamente às analógicas, o facto de se ter disponível uma maior profundidade de cor, melhora substancialmente a qualidade final dos produtos cartográficos, tal como: i) ortofotomapas; ii) aquisição de informação por parte dos fotogrametristas, nomeadamente nas zonas de sombra. Por outro lado, considerando a possibilidade desta câmara registar informação na banda do infra-vermelho próximo, podem ser gerados produtos para quantificação do estado de superfície do coberto vegetal, calculando, por exemplo índices de vegetação<sup>23</sup>.

As características desta câmara, auxiliada com a tecnologia de IMU, confere a possibilidade de criar fotografias aéreas posicionadas e rodadas que asseguram, com um bom grau de exactidão, os estudos para controlo das operações de transformação do território litoral<sup>24</sup>, por exemplo, e com um baixo custo, uma vez que é suprimida a fase de triangulação aérea e a de produção de ortofotomapas.

A tecnologia de IMU, implementada nesta câmara digital, obrigou, também, à necessidade de controlar a qualidade geométrica da imagem. Esta tecnologia é adaptada em câmaras analógicas. No entanto, o mecanismo não se encontra no centro exacto da câmara, já que a construção das câmaras analógicas não contemplava essa tecnologia. Desta forma, o facto do IMU se encontrar no interior da câmara DMC, confere-lhe uma maior exactidão

---

<sup>23</sup> Ortofotomapas com banda de infra-vermelho próximo, banda do vermelho e verde (CIR).

<sup>24</sup> Artigo de GONÇALVES, José A., *et al.* com o título *Monitorização de praias e dunas usando fotografia aérea digital com georreferenciação directa*.

na posição do disparo. A existência destes dados, dão uma garantia no fornecimento de fotografia aérea com o GSD requerido, cálculo da sobreposição longitudinal e lateral, bem como o cálculo da deriva, face ao rumo planeado.

No caso particular da cobertura analisada *in loco* neste Trabalho de Projecto, podemos aferir que os valores estipulados inicialmente foram garantidos tanto a nível radiométrico como geométrico. Valores de saturação compreendidos [0 a 0,5%] foram verificados, mesmo em zonas de água e linha de costa, que muitas vezes apresentam valores de saturação altos (superiores a 0,5%) verificados noutras coberturas. Isso não se verificou graças ao bom estudo realizado através das imagens âncora e da geração equilibrada das LUT's. Estas LUT's proporcionaram a homogeneidade e níveis excelentes de luminosidade de toda a cobertura aerofotográfica.

Por outro lado, os cálculos resultantes dos dados de IMU promoveram a realização e a inovação no controlo geométrico da imagem, bem como do voo aerofotográfico: dados que até aqui não eram possíveis de obter, já que em coberturas aéreas analógicas, esta tecnologia não existia.

Com a emergência deste tipo de tecnologia novas formas de controlo de qualidade são inventadas. Esta, apresentada neste Trabalho de Projecto, demonstrou a sua veracidade nos resultados obtidos, em que o valor médio de toda a cobertura apresenta um pixel size de 18,07 cm de resolução geométrica. A partir deste dado inicial conseguiu-se demonstrar que os parâmetros iniciais da sobreposição lateral e longitudinal apresentaram resultados superiores aos estipulados. Em relação ao desvio verificado ao longo de toda a cobertura de Melides, esse desvio (deriva no rumo) apresentou um valor muito baixo, muito distante do limite máximo imposto pela maioria dos cadernos de encargos, isto é, 5 graus.

Assim, ao salvaguardarmos que tudo está conforme o planeado, ao nível geométrico, é garantido que na fase de triangulação aérea, não há surpresas e que o trabalho não tem que ser executado novamente, já que antes de existir este tipo de controlo, só na fase de triangulação aérea é que poderíamos detectar este tipo de falhas. Desta forma, caso o GSD não seja conforme (dentro dos parâmetros exigidos ou negociados com o cliente), evita-se constrangimentos ao cliente e o fornecedor de fotografia aérea é reconhecido.

Finalmente, pretendeu mostrar-se com este Trabalho de Projecto que o mundo da fotografia aérea é mais competitivo e rigoroso com a implementação deste novo procedimento operacional em empresas da área.



Acresce o facto do futuro tecnológico nos reservar uma evolução dos sistemas de aquisição de imagens digitais de alta resolução, no sentido de aumentar a resolução radiométrica (por exemplo com a introdução da banda infra-vermelha térmica), em paralelo com a aquisição simultânea de dados LiDAR. Esta evolução espectável, a curto prazo, trará ao mercado novos produtos que servirão várias áreas técnicas como é o caso do planeamento urbano (modelação 3D de edifícios com LiDAR; determinação da eficiência energética dos blocos de edifícios com dados térmicos), e a gestão do território (cálculo de índices urbanísticos previstos na Lei, por exemplo); ou ainda o acompanhamento da monitorização da implementação dos instrumentos de gestão territorial tal como previsto na Lei portuguesa. As empresas portuguesas, que trabalham nos mercados da informação geográfica, estão seguramente atentas a esta evolução e a estas oportunidades de negócio.

## BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, C., SMITH-VOYSEY, S., JARVIS, C., TANSEY, K., Integrating building footprints and LIDAR elevation data to classify roof structures and visualise buildings. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2009.
- DIENER, S., KIEFNER, M., DÖRSTEL C., *Radiometric Normalisation and Colour Composite Generation of the DMC*, IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam, 2000.
- GONÇALVES, José A., *et all.*, *Monitorização de praias e dunas usando fotografia aérea digital com georreferenciação directa*, myESIG 10-12 Fevereiro, 2010.
- HINZ, A., *et all.*, *DMC – The Digital Sensor Technology of Z/I Imaging*, In: Photogrammetric Week 2001, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 93-103, 2001.
- INTERGRAPH, *Postprocessing Software User Guide*, Abril 2009.
- INTERGRAPH, *Postprocessing Software User Guide*, Fevereiro 2010.
- LEMMENS, Mathias, *Digital Aerial Cameras*, In: GIM Internacional, Netherland, ISSN 1566-9076, Vol. 25, Abril 2011, pp. 35-41.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5<sup>a</sup> ed. John Wiley & Sons, New York, 2004.
- REDWEIK, Paula, *Fotogrametria Aérea*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, 2007.
- RICHARDS, J. A., JIA, X., *Remote Sensing Digital Image Analysis - An Introduction*, 4<sup>a</sup> ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- SARMENTO, V. A., PRETTO, S. M., COSTA, N. P., *Entendendo a imagem digitalizada*, Rev Odonto Ciênc., 14 (27): 171-8, 1999.
- TANG L., DÖRSTEL C., JACOBSEN K., HEIPKE C., HINZ A., Geometric accuracy potential of the Digital Modular Camera, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B4/3, pp. 1051-1057, 2000.
- Zhang L., Kocaman S., Akca D., Kornus W., Baltsavias E., *Tests and Performance Evaluation of DMC Images and New Methods for Their Processing*, ISPRS Commission I Symposium, "From Sensors to Imagery", Paris Marne-la-Vallée, France, 3-6 July 2006.



## SÍTES CONSULTADOS

<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1999/ts16/index.asp> (última consulta em 31/03/2011)

<http://www.igi.eu/aerocontrol.html> (última consulta em 21/02/2011)

<http://www.municipia.pt/> (última consulta em 21/02/2011)

<http://www.satimagingcorp.com/> (última consulta em 27/05/2010)

<http://www.sic.pt/online/video/informacao/Falar+Global/2010/7/a-influencia-do-digital-na-area-da-cartografia19-07-2010-182534.htm> (última consulta em 19/07/2010)

<http://www.tiagoschmidt.com/blog/tag/fotografia-aerea/> (última consulta em 20/08/2011)

[http://www.youtube.com/watch?v=4TyR1e0uJ\\_Q](http://www.youtube.com/watch?v=4TyR1e0uJ_Q) (última consulta em 10/03/2011)

## LISTA DE FIGURAS OU ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – POMBOS CORREIO COM CÂMARAS FOTOGRÁFICAS .....	1
FIGURA 2 – ALTURA DO VOO DA COBERTURA AEROFOTOGRAFICA .....	4
FIGURA 3 – ORGANIZAÇÃO DA MUNICÍPIA, E.M., S.A. ....	5
FIGURA 4 – FASES CONSTITUINTES DE UMA COBERTURA AEROFOTOGRAFICA DIGITAL .....	8
FIGURA 5 – CESSNA 402 B, MATRÍCULA CS-DPS.....	9
FIGURA 6 – ABERTURA NA FUSELAGEM (CESSNA 402 B) .....	10
FIGURA 7 – SSD – SOLID STATE DISK DA CÂMARA DMC .....	11
FIGURA 8 – PLATAFORMA GIROESTABILIZADORA ZI-MOUNT .....	11
FIGURA 9 – CÂMARA DMC DA <i>INTERGRAPH</i> + IMU .....	12
FIGURA 10 – IMU (INERTIAL MEASUREMENT UNIT) .....	13
FIGURA 11 – AEROCONTROL (CPU DE REGISTO DOS DADOS GPS-GNSS/INS) .....	14
FIGURA 12 – DISPOSIÇÃO DO IMU E ANTENA GPS (OFFSETS) .....	14
FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÃO DA RENEP EM PORTUGAL CONTINENTAL, COM RAIO DE 40 KM .....	17
FIGURA 14 – GPS LEICA 1200.....	18
FIGURA 15 – ÁREAS PROIBIDAS, RESTRITAS E PERIGOSAS .....	19
FIGURA 16 – RESERVAS DE ESPAÇO AÉREO TEMPORÁRIO .....	20
FIGURA 17 – DISPLAY DO SOFTWARE ZI MISSION.....	21
FIGURA 18 – ESTAÇÃO DE LEITURA DE SSD .....	22
FIGURA 19 – DISPLAY DO SOFTWARE ZI INFLIGHT.....	23
FIGURA 20 – DISPLAY PILOTO COLOCADO POR CIMA DOS INSTRUMENTOS DO CESSNA 402 B .....	24
FIGURA 21 – DISPLAY NAVEGADOR.....	24
FIGURA 22 – DISPLAY DO SOFTWARE DMC POST PROCESSING.....	26
FIGURA 23 – RUÍDO DA IMAGEM ANTES E DEPOIS DO PROCESSO RADIOMÉTRICO .....	27
FIGURA 24 – ANTES E DEPOIS DA CORRECÇÃO RADIOMÉTRICA .....	27
FIGURA 25 – FUNCIONAMENTO DOS QUATRO CONES PANCROMÁTICOS DA DMC .....	28
FIGURA 26 – OPÇÃO <i>PAN SHARPENING</i> .....	29
FIGURA 27 – DISPLAY DO SOFTWARE DIA - IMAGEM SEM LUT (ESQUERDA); IMAGEM COM LUT (DIREITA) .....	30
FIGURA 28 – TRAJECTÓRIA RESULTANTE DO PROCESSAMENTO COMBINADO.....	33
FIGURA 29 – DISPLAY DO SOFTWARE AEROOFFICE .....	35
FIGURA 30 – DISPLAY DO SOFTWARE WAYPOINT GRAFNAV.....	36

FIGURA 31 – <i>SNAPSHOT</i> DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DENOMINADA CONTROLO DE IMAGENS .....	38
FIGURA 32 – MOSAICO TEMPORÁRIO DO CONCELHO DE OEIRAS 2011 (PRIMERIO PROCESSAMENTO) .....	39
FIGURA 33 – <i>DISPLAY</i> DA FERRAMENTA DE ANÁLISE.....	41
FIGURA 34 – LOCALIZAÇÃO DOS CENTROS DE DISPAROS E PROJECCÃO DAS IMAGENS EM GOOGLE EARTH, PARA RECOLHA DE MDT' .....	41
FIGURA 35 – ESQUEMA DE VOO DE MELIDES, SOBRE FUNDO DE IMAGEM GEOEYE (GOOGLE) .....	44
FIGURA 36 – MOSAICO TEMPORÁRIO DE MELIDES (2011) .....	45
FIGURA 37 – DESVIO VERIFICADO NO 2º DISPARO, 3º DISPARO O RUMO FOI ESTABELECIDO .....	46
FIGURA 38 – EXEMPLO DE RELATÓRIO FINAL .....	48

## **ANEXOS [NUMERADOS]**

- 1- Periodicidade de calibração da câmara DMC
- 2- Certificados de calibração da câmara DMC
- 3- Exemplos de Pedidos de Autorização à FAP

## **Anexo 1**



Intergraph Z/I Deutschland GmbH  
Geschäftsbereich Z/I Imaging  
Ziegelstr. 12  
73431 Aalen

Wenn unzustellbar, zurück! Bei Umzug mit neuer Anschrift zurück!  
Intergraph Z/I Deutschland GmbH • Ziegelstr. 12 • 73431 Aalen

Tel.: +49 7361 88 95-4538  
Fax: +49 7361 88 95-54538  
Email: christian.mueller@intergraph.com  
[www.intergraph.de/ziimaging](http://www.intergraph.de/ziimaging)

**Carlos Luis**

Resp. Divisão de Fotografia Aérea  
Lic. OOV - 611/OOV/1  
Município, E.M., S.A.  
Taguspark, Edif. Ciência II Nº 11, 3º B  
2740-120 Porto Salvo  
PORTUGAL

Aalen, October 14th, 2010

**Digital Mapping Camera DMC**

**Information concerning geometric camera calibration and use of data**

Different to analog film cameras, the DMC Digital Mapping Camera does not require regular geometric lab calibration. The sensor was designed with a build-in self calibration feature, using the image data to maintain geometric accuracy.

All aerial images generated with the Z/I PPS Post processing Software have the same standard calibration values, which is

Focal length	120,00mm
Picture Format	7.680 pixel x 13.824 pixel
Pixel Format	12,0 µm x 12,0 µm

With this calibration data users can define the camera in photogrammetric systems and process the data.

A new lab calibration of the single camera heads will only be performed by Intergraph, if an optical system was changed due to a technical defect. If this is the case, the new calibration data will be uploaded to the PPS server.

Z/I Imaging herewith confirms that the DMC does not require a regular geometric lab calibration!

Even in the United States, where so far very strict rules and tolerances were used for the calibration of aerial cameras, the responsible US Geological Survey (USGS) changed over to certify that digital camera systems concerned are manufactured and have the accuracy according to above statements.

Bankverbindung:

Fortis Bank, Köln  
BLZ 370 106 00  
Kto.-Nr. 113 481 1178  
IBAN: DE22 3701 0600 1134 8111 78  
SWIFT / BIC: GEBADE 33

VAT-ID: DE 263 419 977  
Steuer-Nr.: 143/150/50759

Eingetragen beim  
Amtsgericht München  
HRB 175416

Geschäftsführer:  
Uwe Nowak

In March 2006 - as world-wide first digital and large sized camera system - the DMC has got this certificate from USGS!

For all projects, where a DMC was used to acquire data, only one type of camera needs to be defined for the photogrammetric system. There is no more need for regular updates of the calibration data!

In case of any further questions please contact our support team  
(phone: +49 7361 8895-33 or email [imgssupportzi@intergraph.com](mailto:imgssupportzi@intergraph.com)).

Yours faithfully,

Intergraph Z/I Deutschland GmbH



i.A. Lothar Bihlmaier  
Manager Service & Support



i.A. Christian Müller  
Technical Consultant

## **Anexo 2**





## Calibration Certificate

Nº 00117306

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                         DMC-Panchromatic

Serial Number             00117306

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      7

Date of Calibration                              31.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

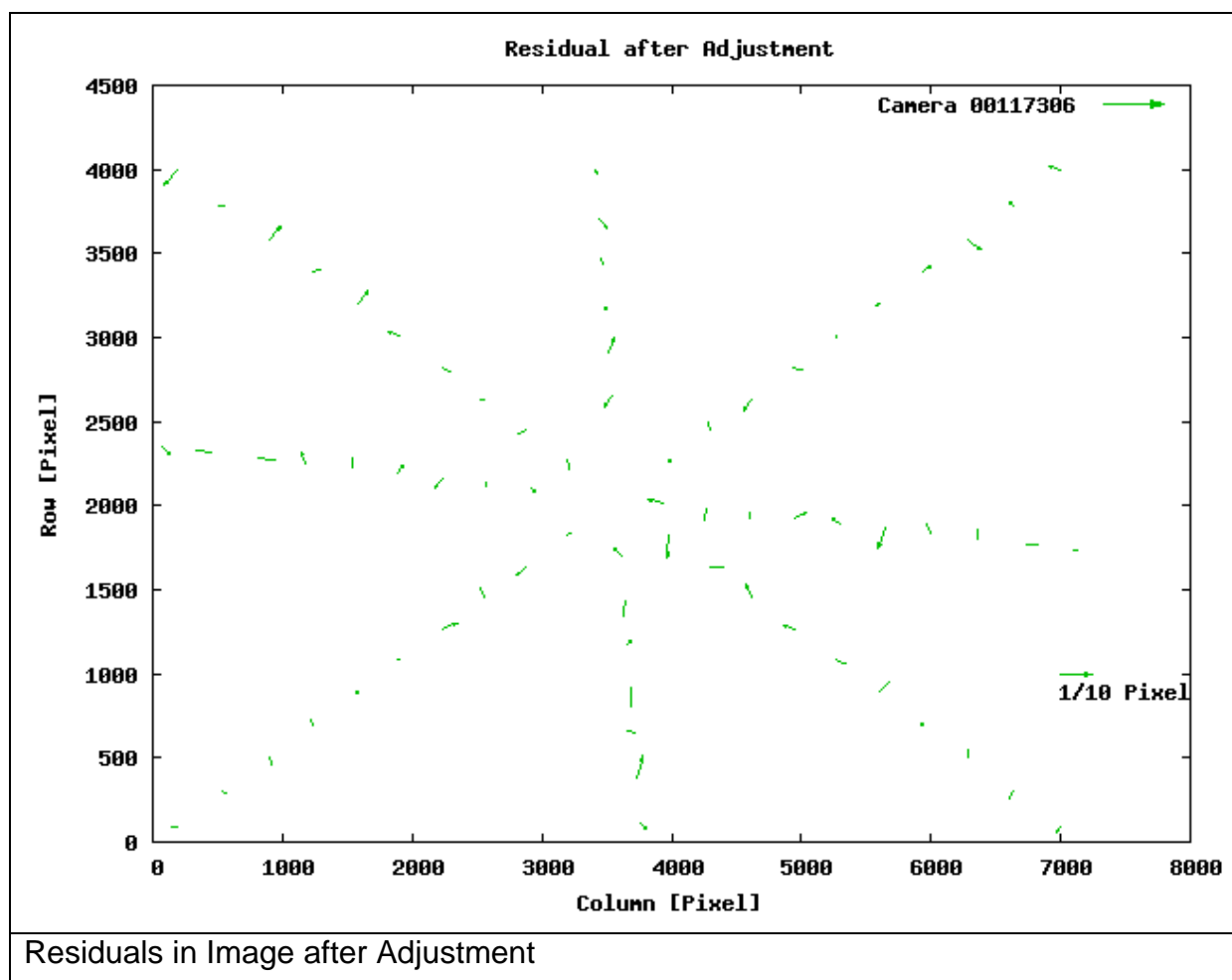
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-Panchromatic
Nominal Focal Length	0.12 m
Serial Number	00117306

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	6.434E-05	5.405E-06
	$y_0$	-1.559E-05	3.27E-06
Focal Length [m]	$\Delta f$	-0.0004456	9.431E-07
Radial Distortion	$K_1$	0.8527	0.02423
	$K_2$	-399.1	21.83
	$K_3$	-1916	5749
Decentering distortion	$P_1$	0.0002541	0.0001232
	$P_2$	-0.0002529	6.203E-05
In Plane Distortion	$B_1$	-3.268E-05	6.292E-06
	$B_2$	-1.187E-05	3.617E-06

Adjusted Focal length = 0.12+ dc =0.1195544 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 0.7

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

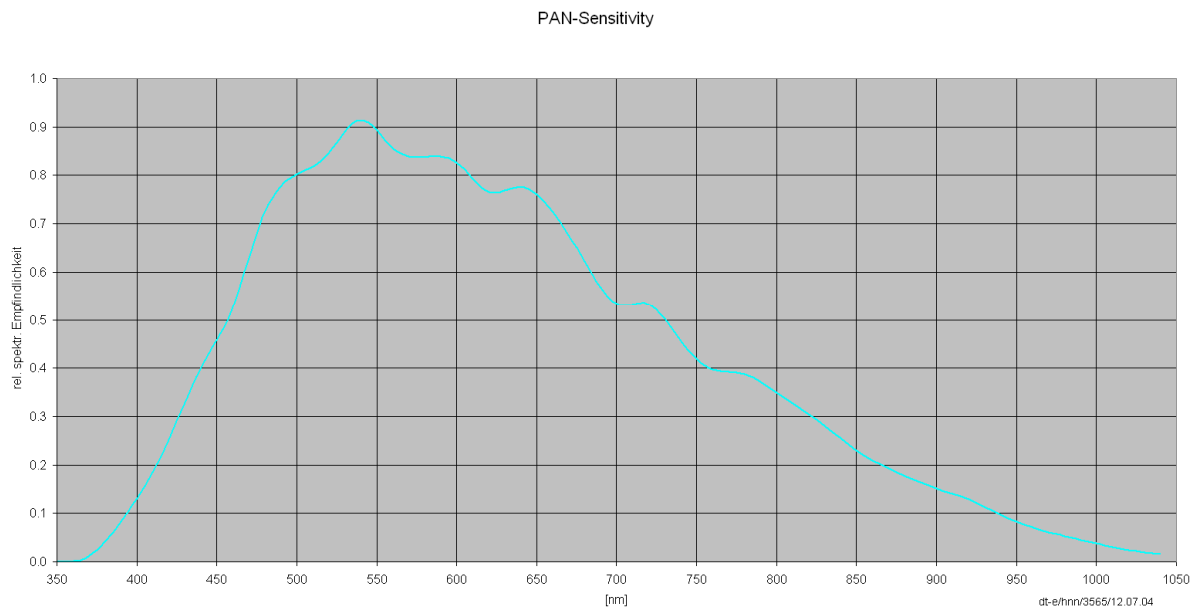
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00117306
Sensor Revision Number	2
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	-
Aperture Revision Number	1

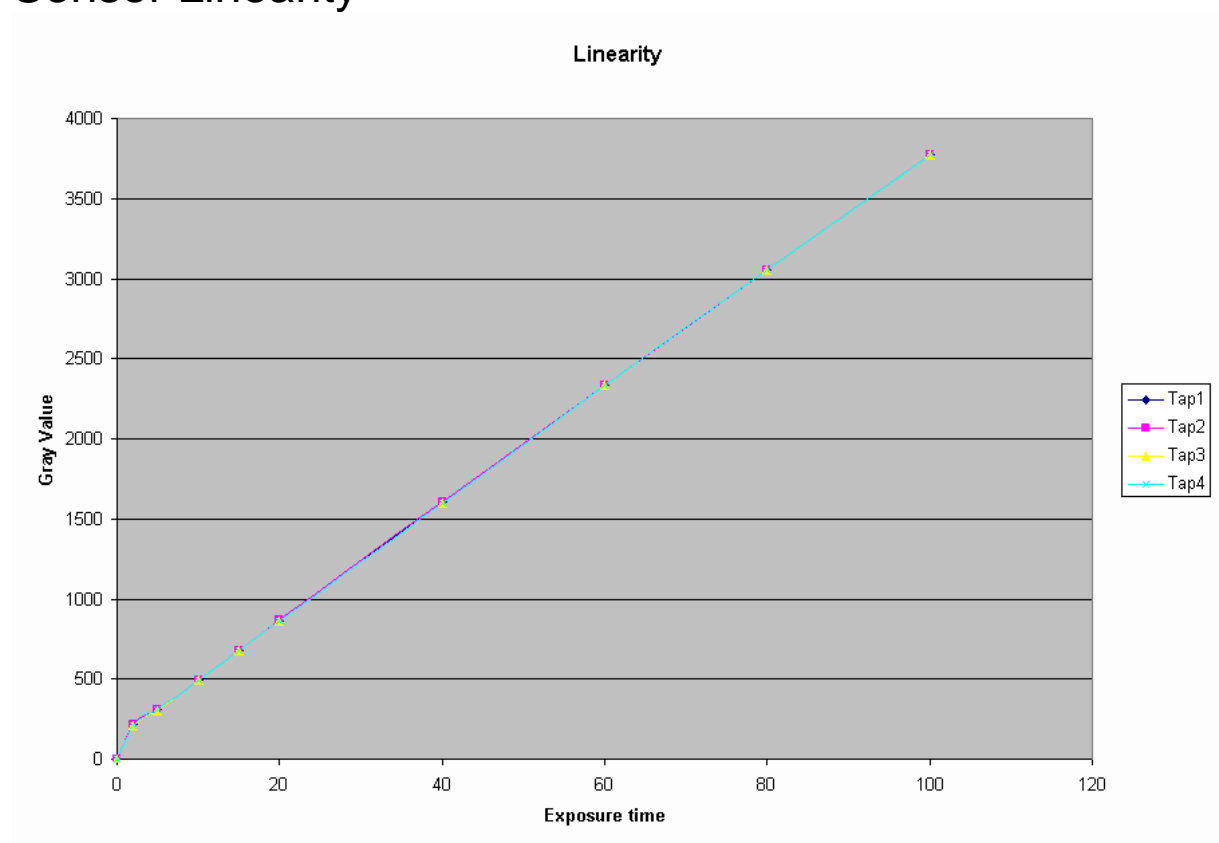
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

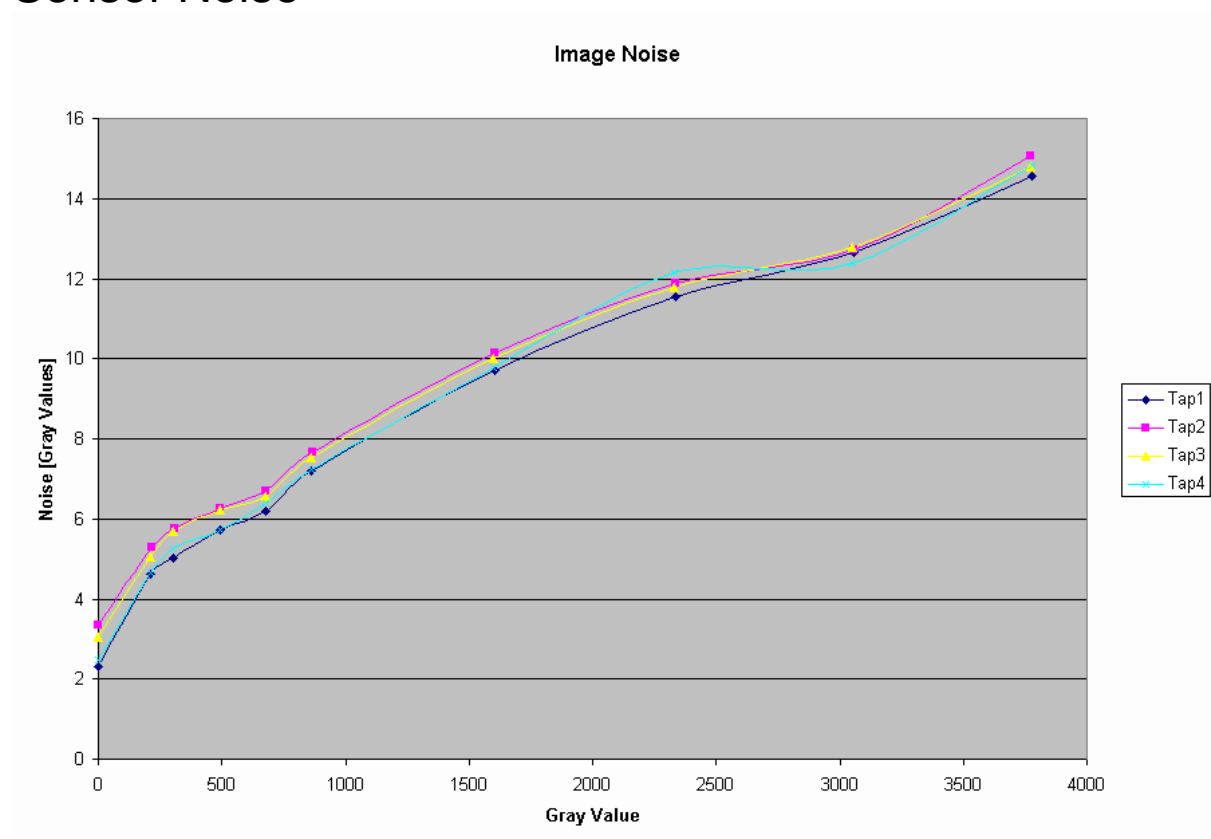
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: “Radiometric Calibration Model”.

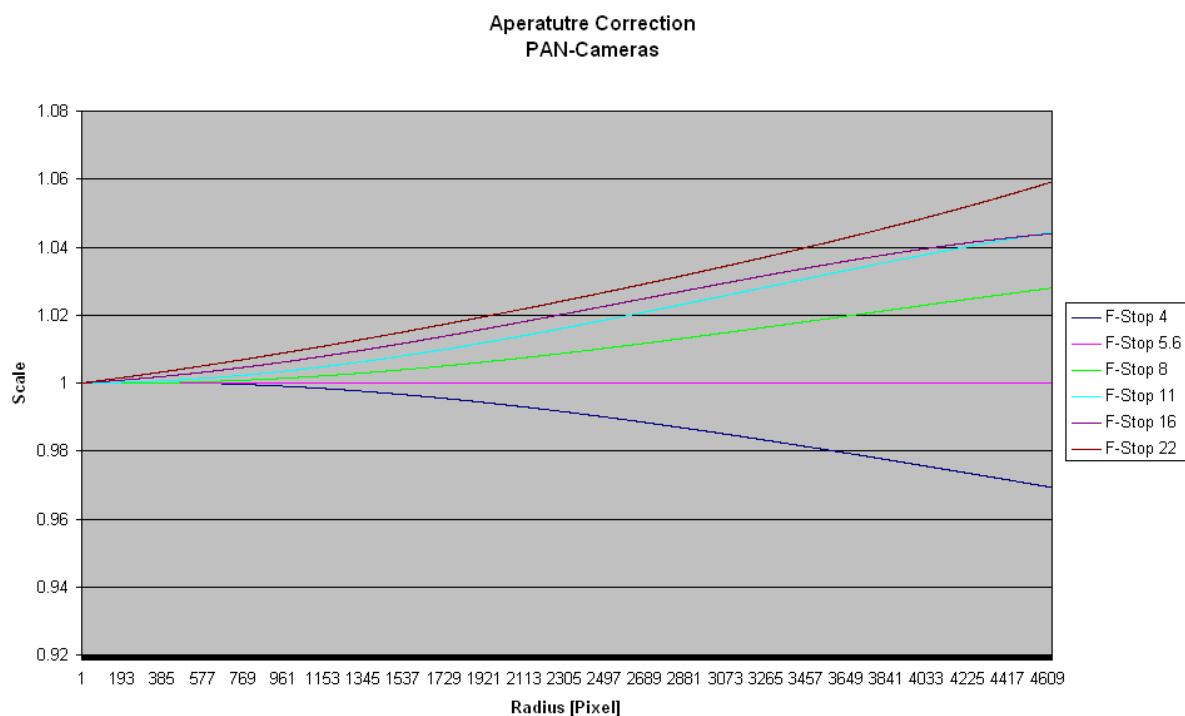
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: “Radiometric Calibration Model”.

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 6

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr	Row	Column
0	2154	1606
1	2154	1607
2	2042	6315
3	2042	6316
4	2043	6316
5	2043	6317

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

## Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00116840

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                        DMC-MS-Green

Serial Number              00116840

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      7

Date of Calibration                              22.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---



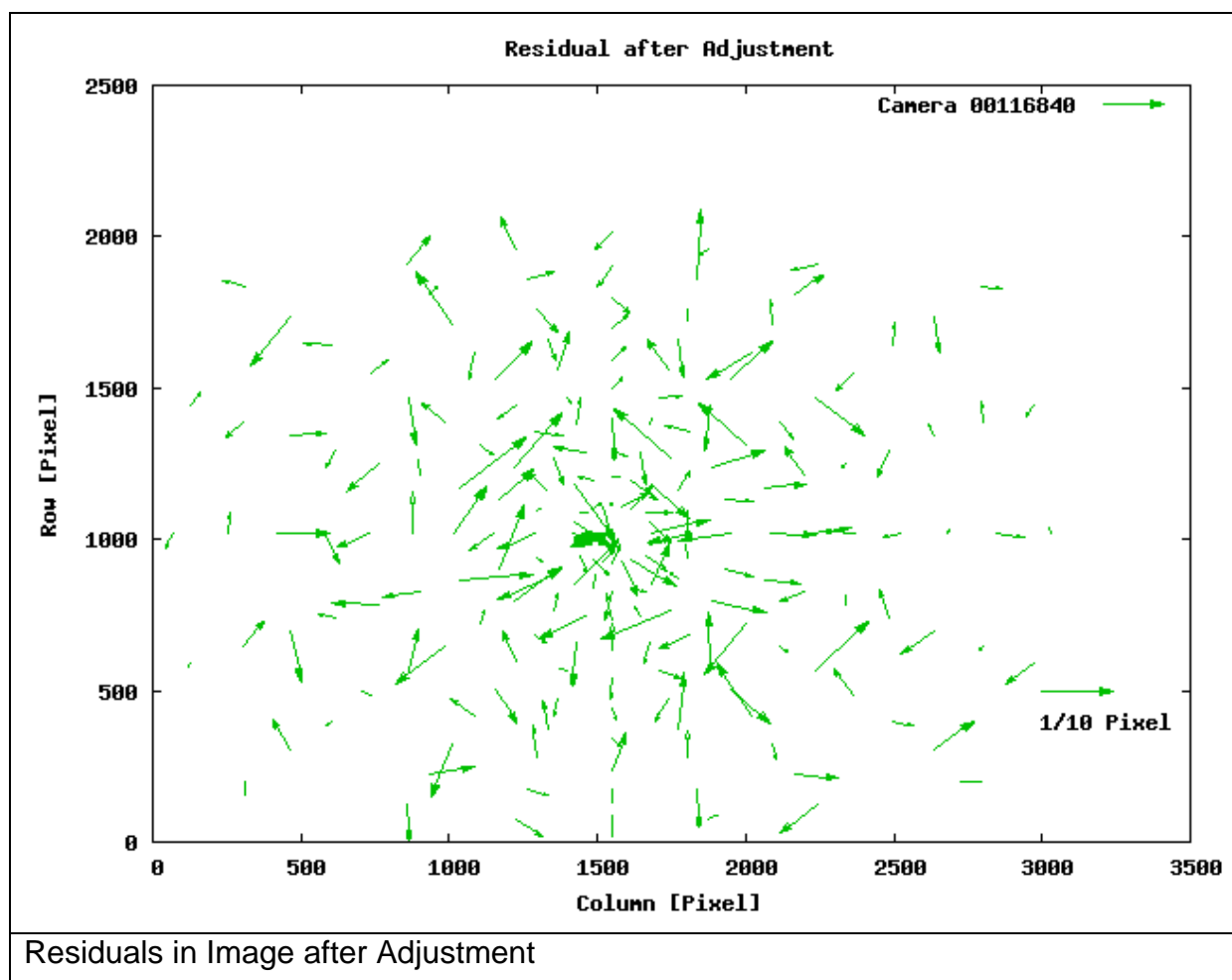
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-MS-Green
Nominal Focal Length	0.025 m
Serial Number	00116840

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	0.0001895	1.29E-06
	$y_0$	6.521E-05	9.106E-07
Focal Length [m]	$\Delta f$	-3.073E-05	4.773E-07
Radial Distortion	$K_1$	-140.9	0.4014
	$K_2$	223700	2561
	$K_3$	-151000000	4610000
Decentering distortion	$P_1$	0.003941	0.0006705
	$P_2$	0.0007007	0.0004161
In Plane Distortion	$B_1$	2.99E-07	1.181E-05
	$B_2$	1.141E-05	9.545E-06

Adjusted Focal length = 0.025+ dc =0.02496927 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 1.4

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

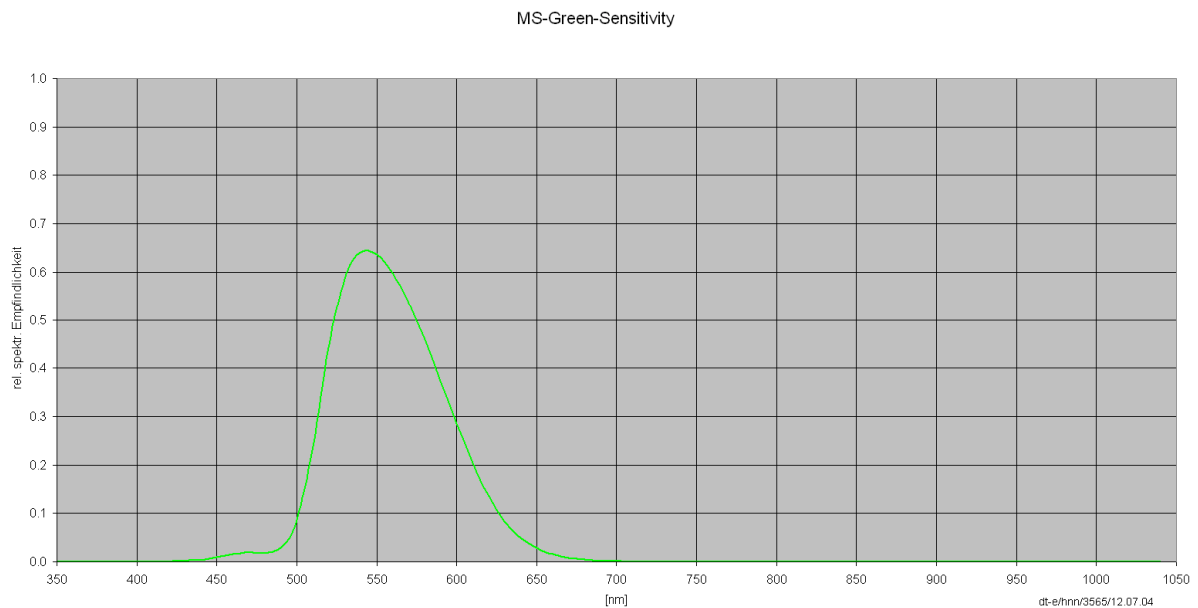
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00116840
Sensor Revision Number	0
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	1
Aperture Revision Number	1

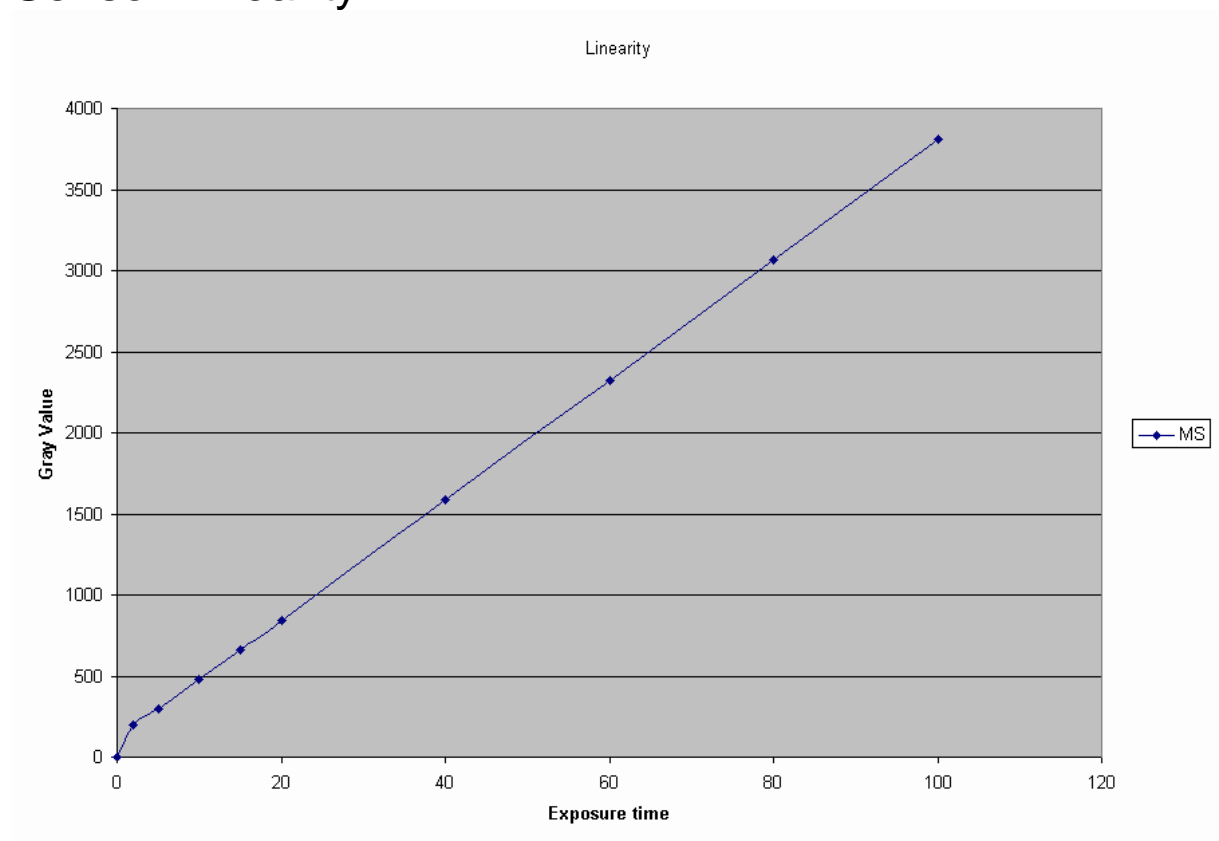
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

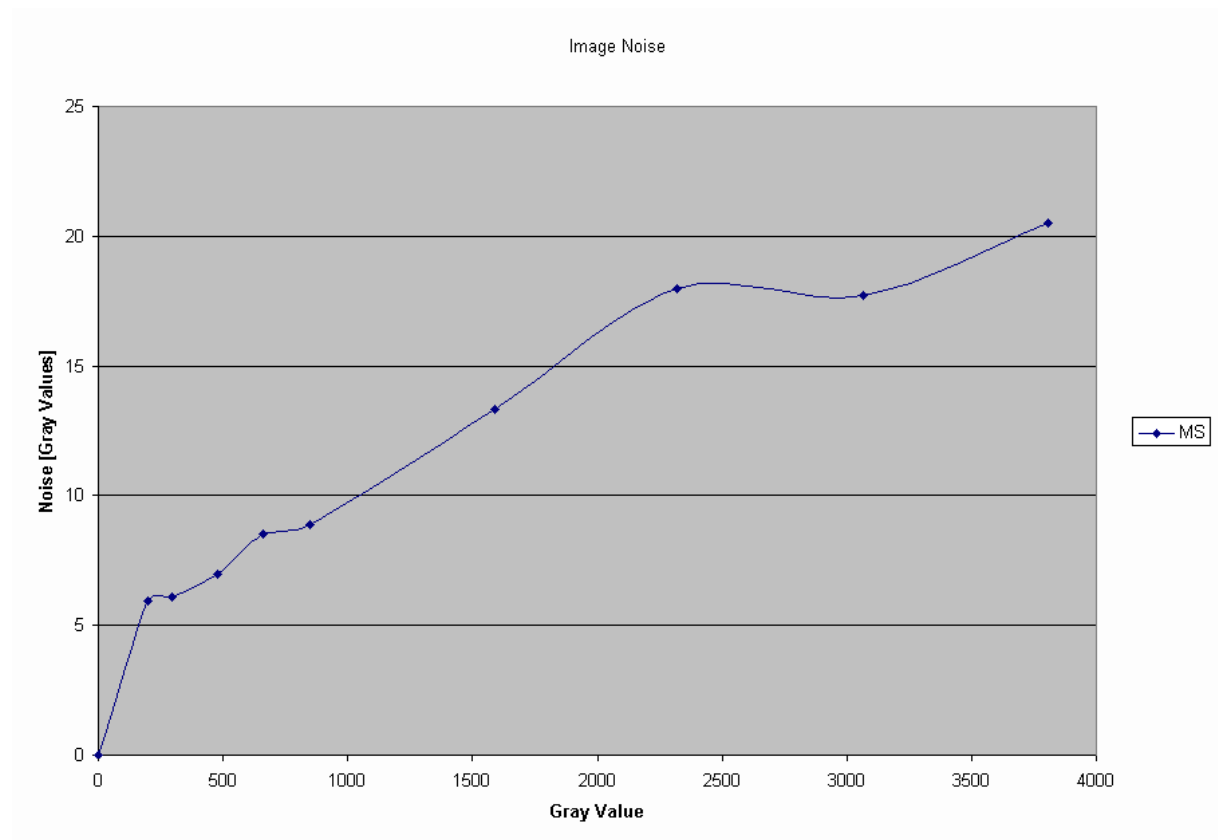
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

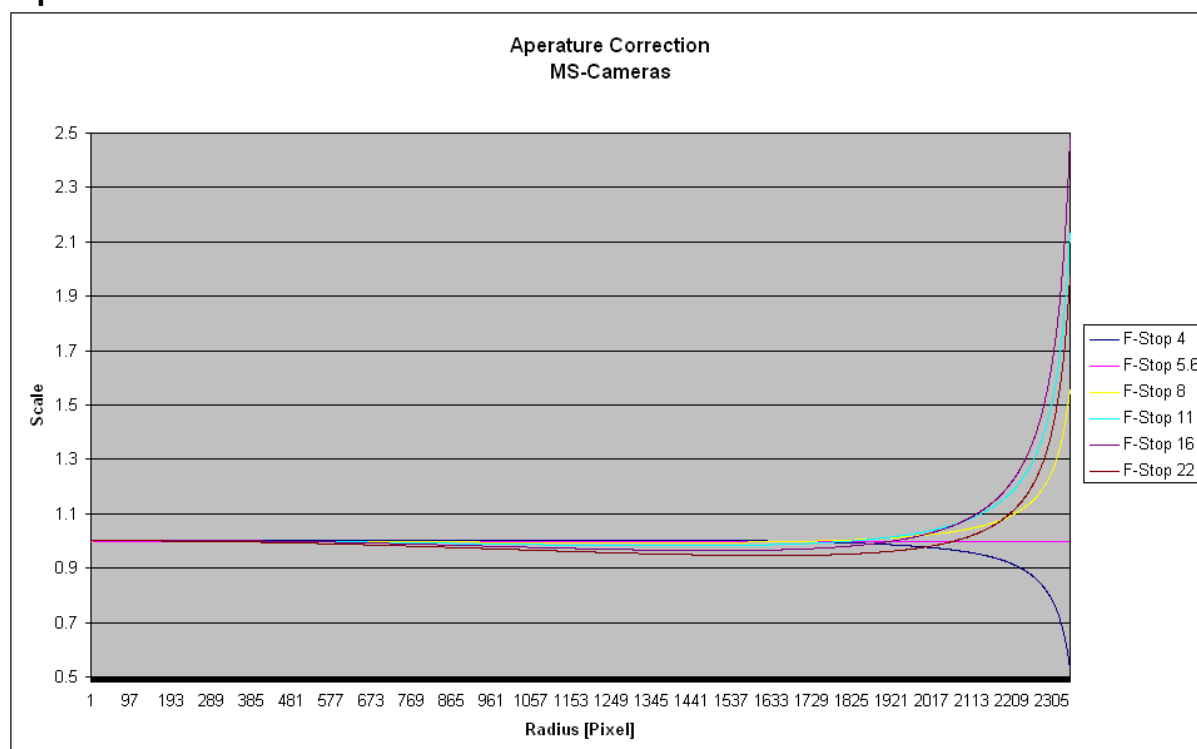
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 12

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr	Row	Column
----	-----	--------

0	296	66
1	297	66
2	296	67
3	297	67
4	370	1963
5	371	1963
6	372	1963
7	370	1964

## DMC Calibration

## Protocol

8	371	1964
9	372	1964
10	371	1965
11	372	1965

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

## Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00116837

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                        DMC-MS-Red

Serial Number              00116837

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      6

Date of Calibration                              11.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

# Geometric Calibration Protocol

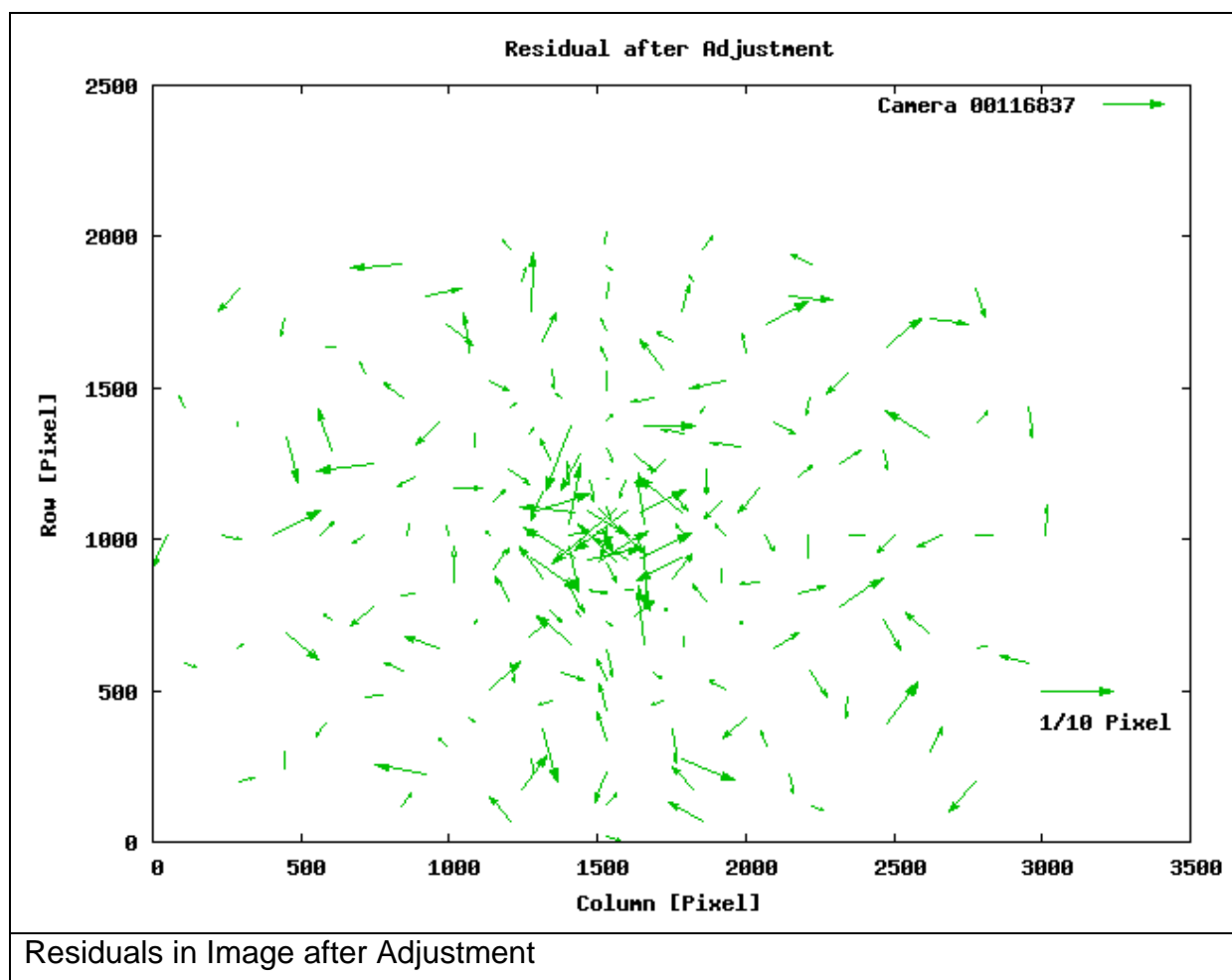
## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-MS-Red
Nominal Focal Length	0.025 m
Serial Number	00116837

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	-3.069E-05	1.089E-06
	$y_0$	0.0001177	7.691E-07
Focal Length [m]	$\Delta f$	-2.313E-05	4.032E-07
Radial Distortion	$K_1$	-142.7	0.339
	$K_2$	227200	2163
	$K_3$	-156100000	3894000
Decentering distortion	$P_1$	-0.0005202	0.0005663
	$P_2$	-0.001633	0.0003515
In Plane Distortion	$B_1$	4.362E-05	9.972E-06
	$B_2$	1.561E-05	8.061E-06

Adjusted Focal length = 0.025+ dc =0.02497687 [m]





Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 1.4

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

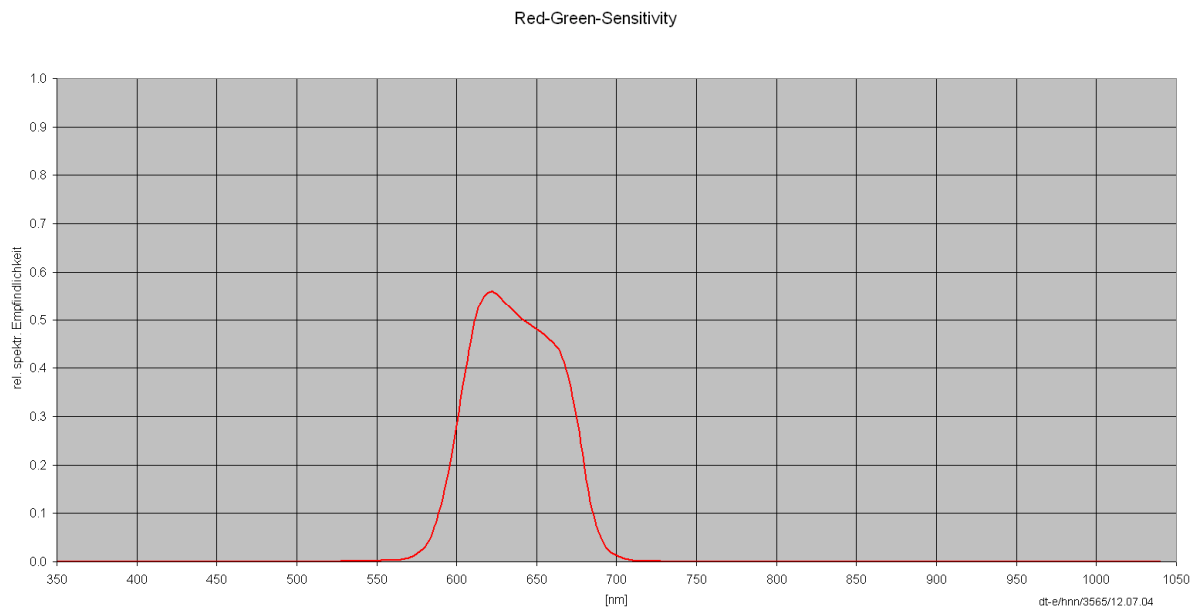
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00116837
Sensor Revision Number	0
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	1
Aperture Revision Number	1

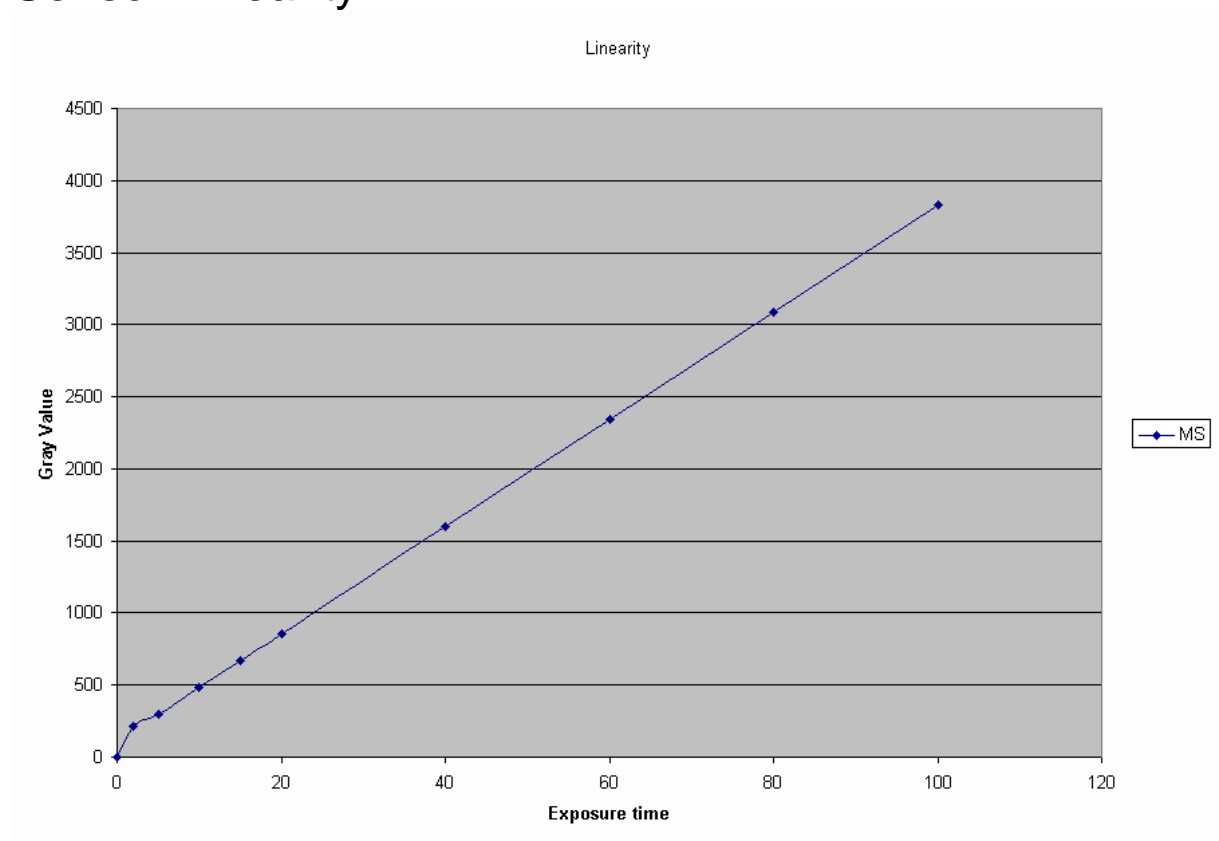
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

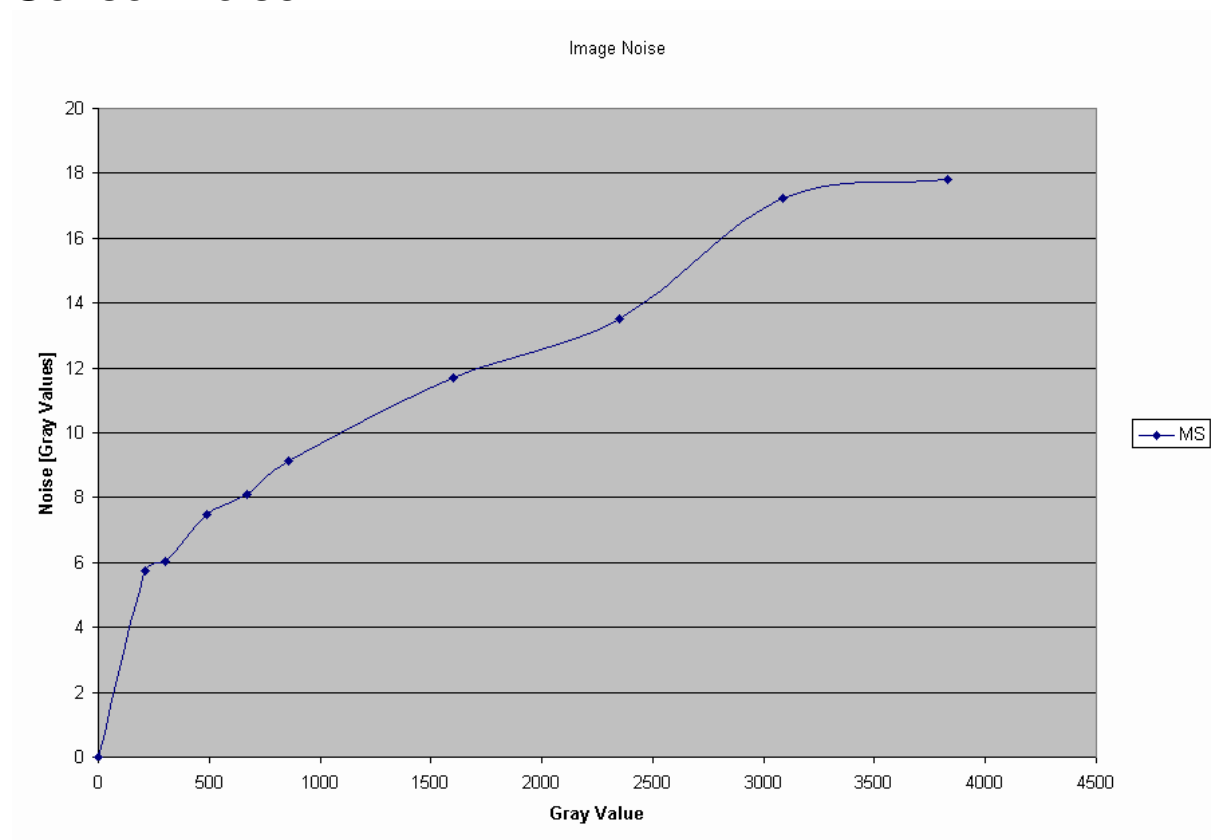
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

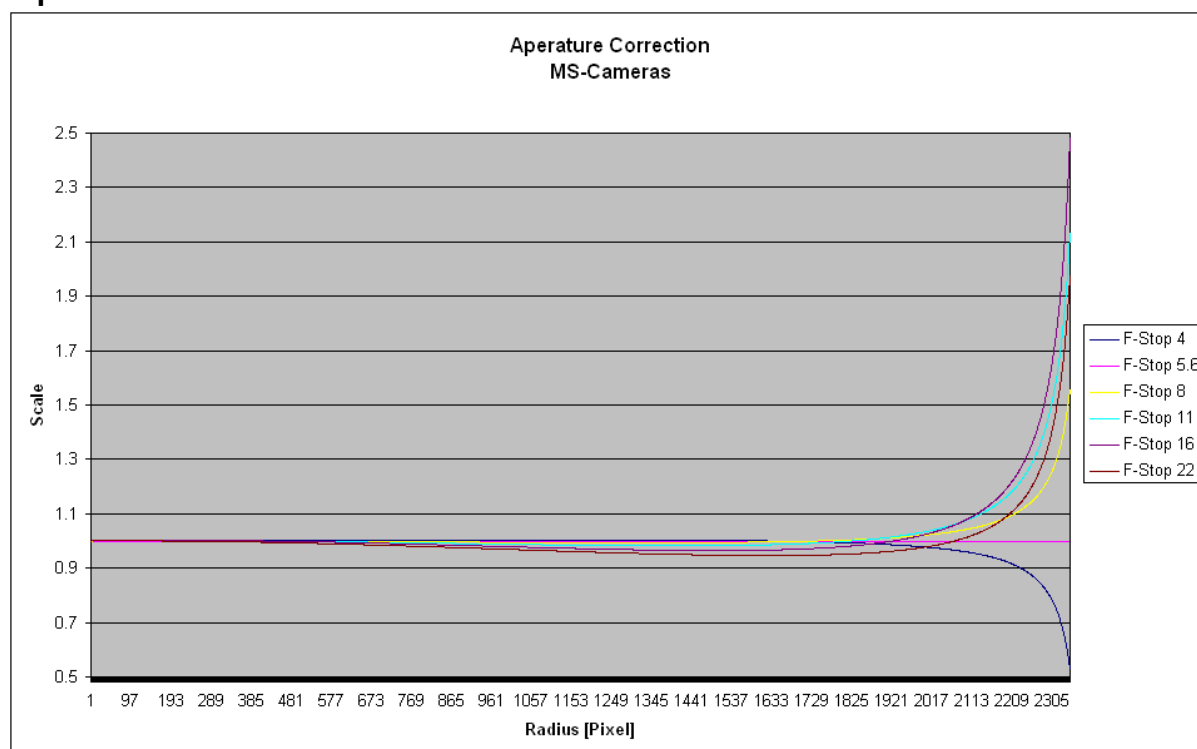
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 0

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr Row Column

Defect Column RowStart ColumnStart RowEnd ColumnEnd

Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00116836

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                        DMC-MS-NIR

Serial Number            00116836

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      6

Date of Calibration                        22.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

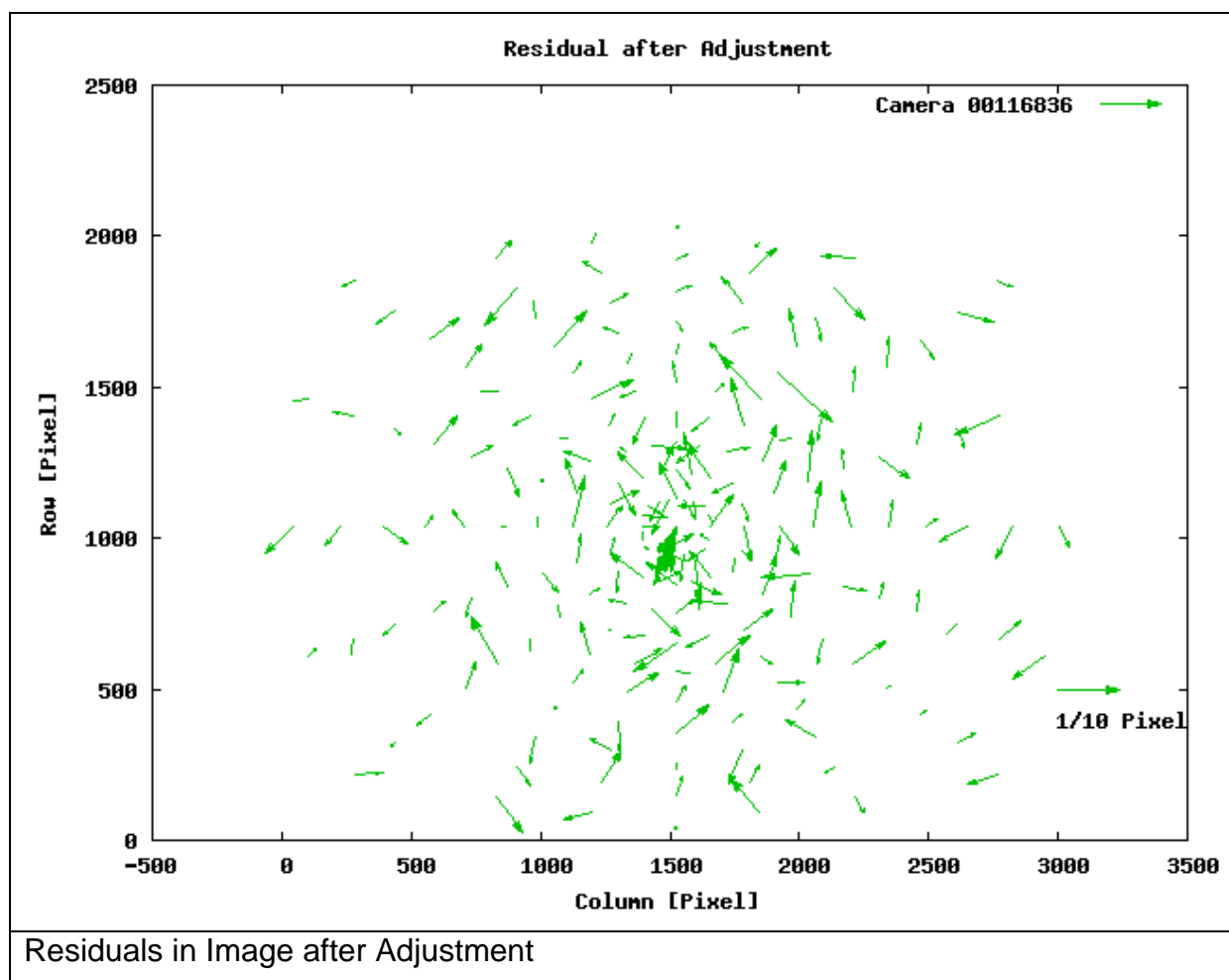
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-MS-NIR
Nominal Focal Length	0.025 m
Serial Number	00116836

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	-0.0001474	1.121E-06
	$y_0$	-0.0001497	8.022E-07
Focal Length [m]	$\Delta f$	-1.077E-05	4.121E-07
Radial Distortion	$K_1$	-143.8	0.3468
	$K_2$	224900	2217
	$K_3$	-151900000	4002000
Decentering distortion	$P_1$	-0.001138	0.000582
	$P_2$	-0.003929	0.0003688
In Plane Distortion	$B_1$	6.141E-06	1.019E-05
	$B_2$	-4.413E-05	8.294E-06

Adjusted Focal length = 0.025+ dc =0.02498923 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 1.3

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

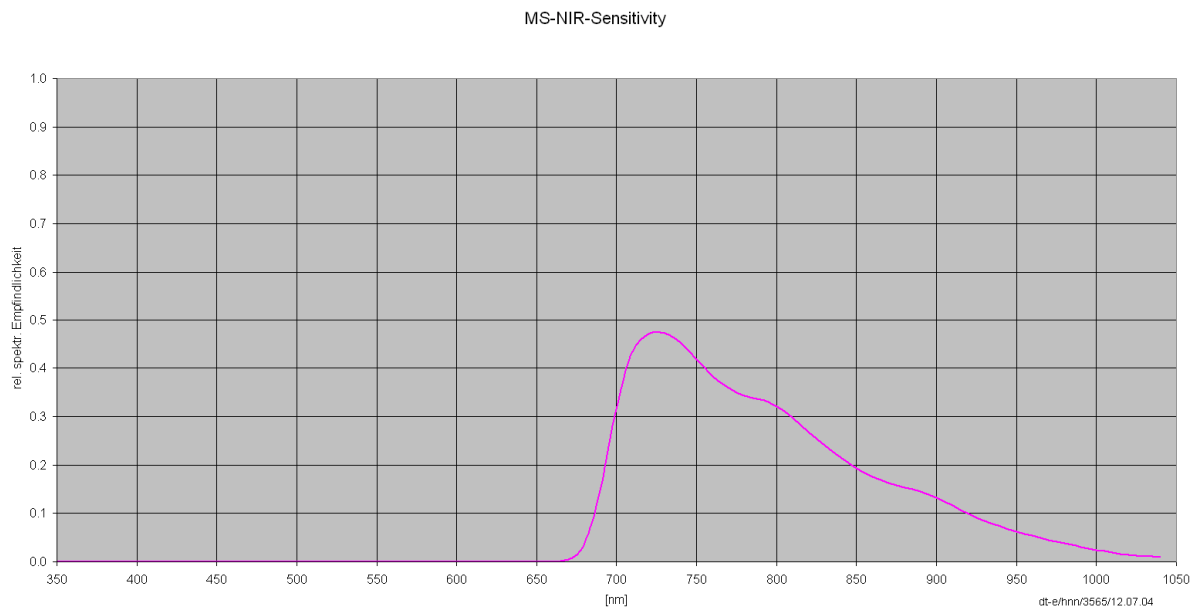
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00116836
Sensor Revision Number	0
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	1
Aperture Revision Number	1

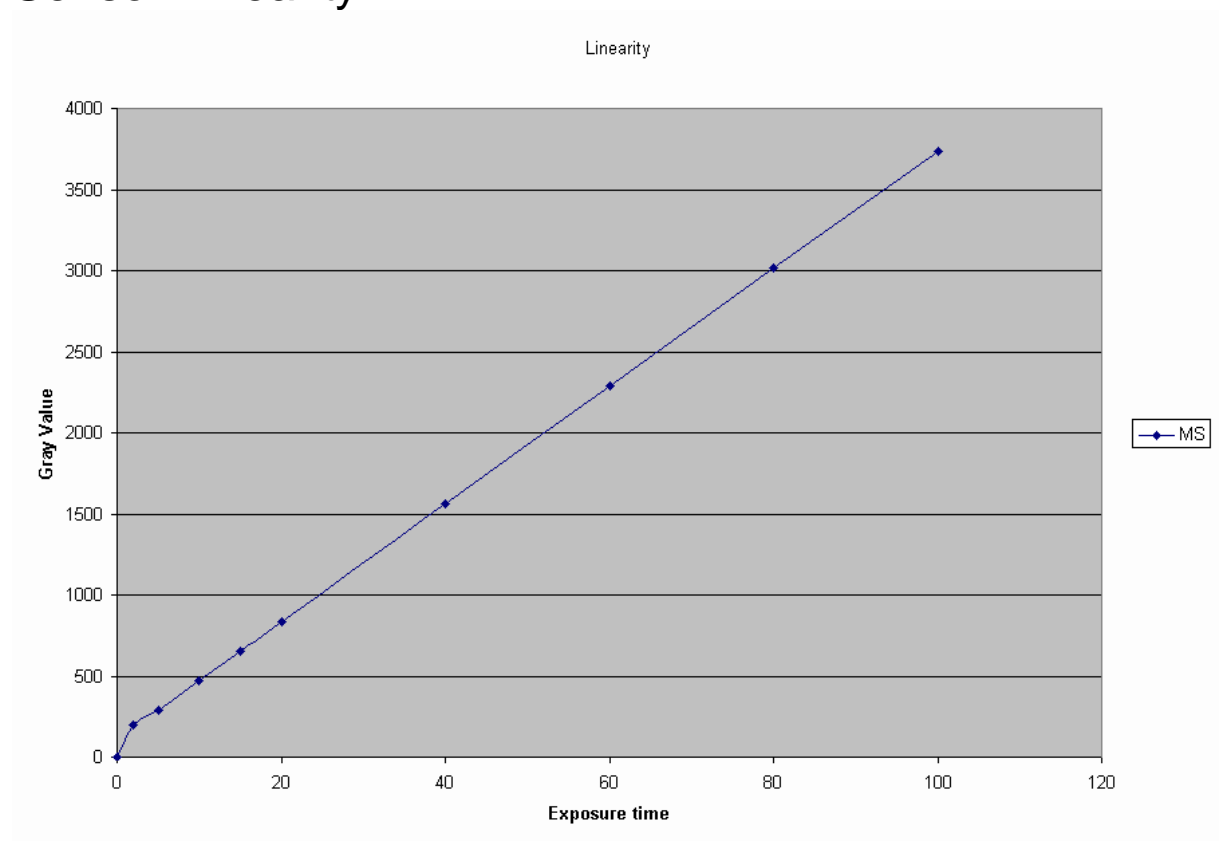
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Sensor Linearity

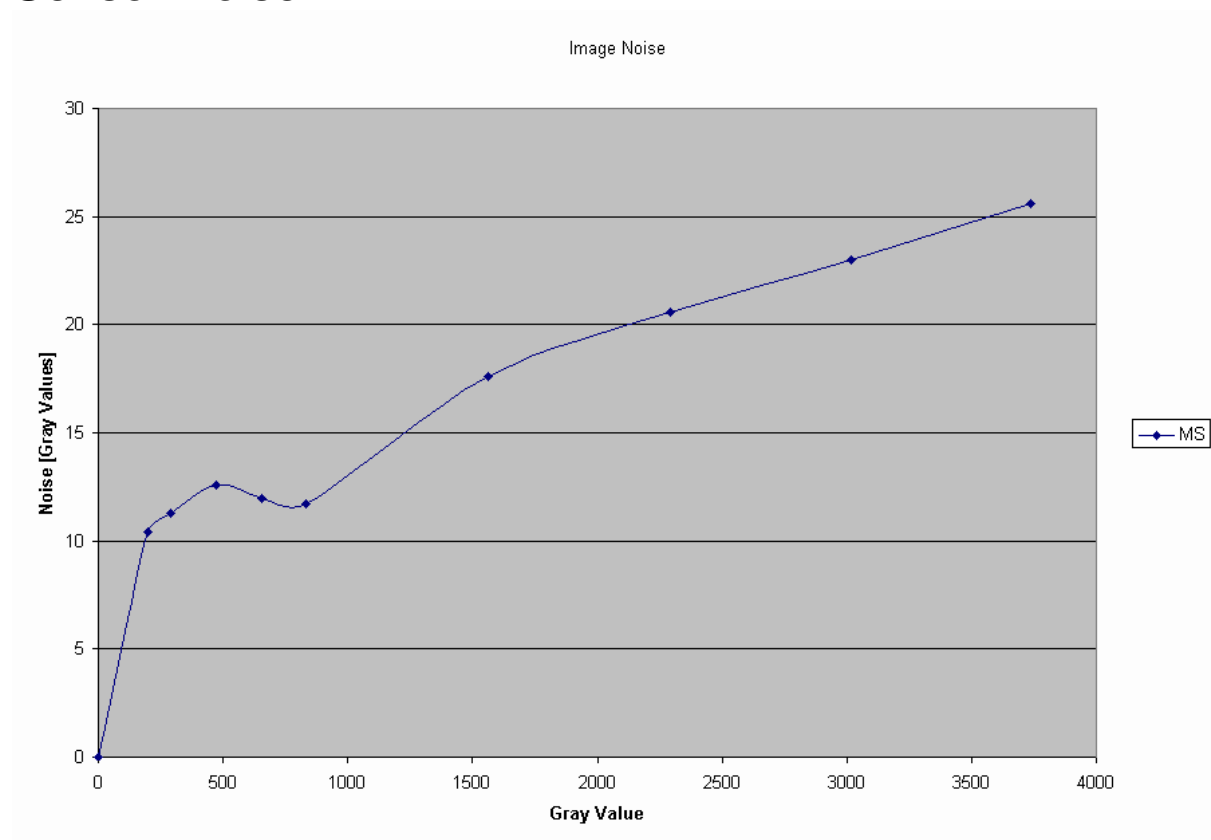


**Remark:**



The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

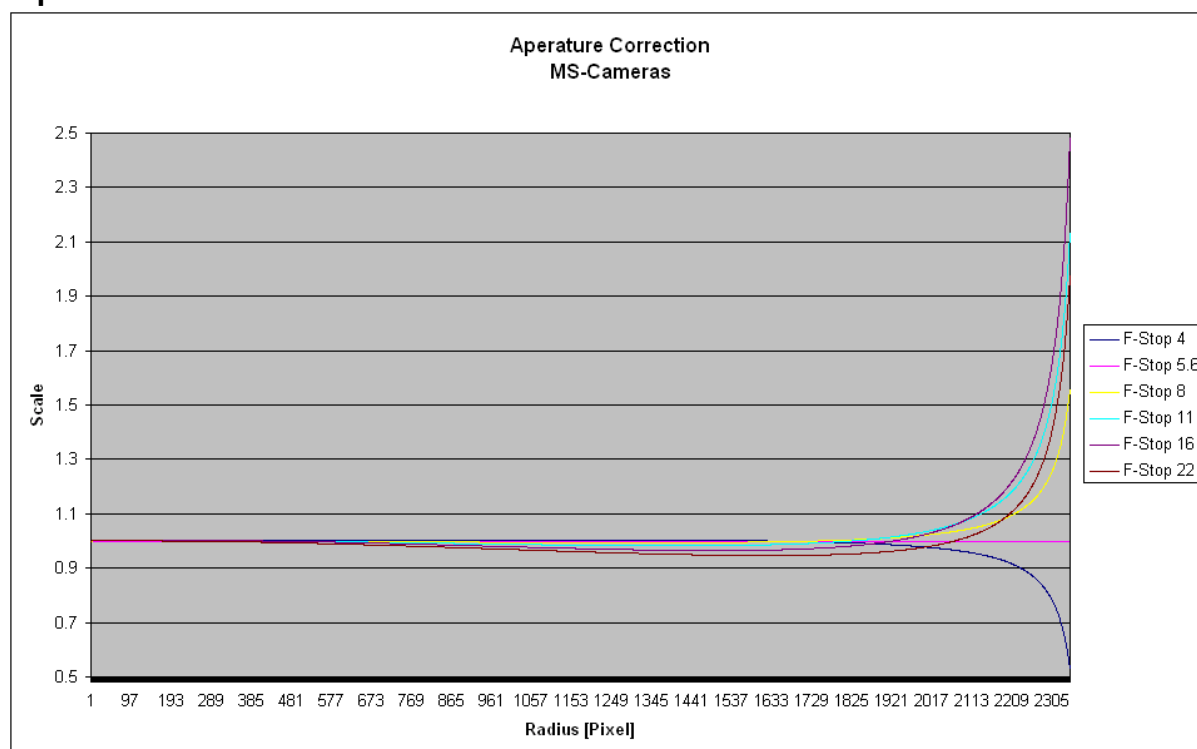
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 0

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr    Row    Column

Defect Column    RowStart    ColumnStart    RowEnd    ColumnEnd

Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00115568

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                         DMC-Panchromatic

Serial Number             00115568

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      6

Date of Calibration                         10.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

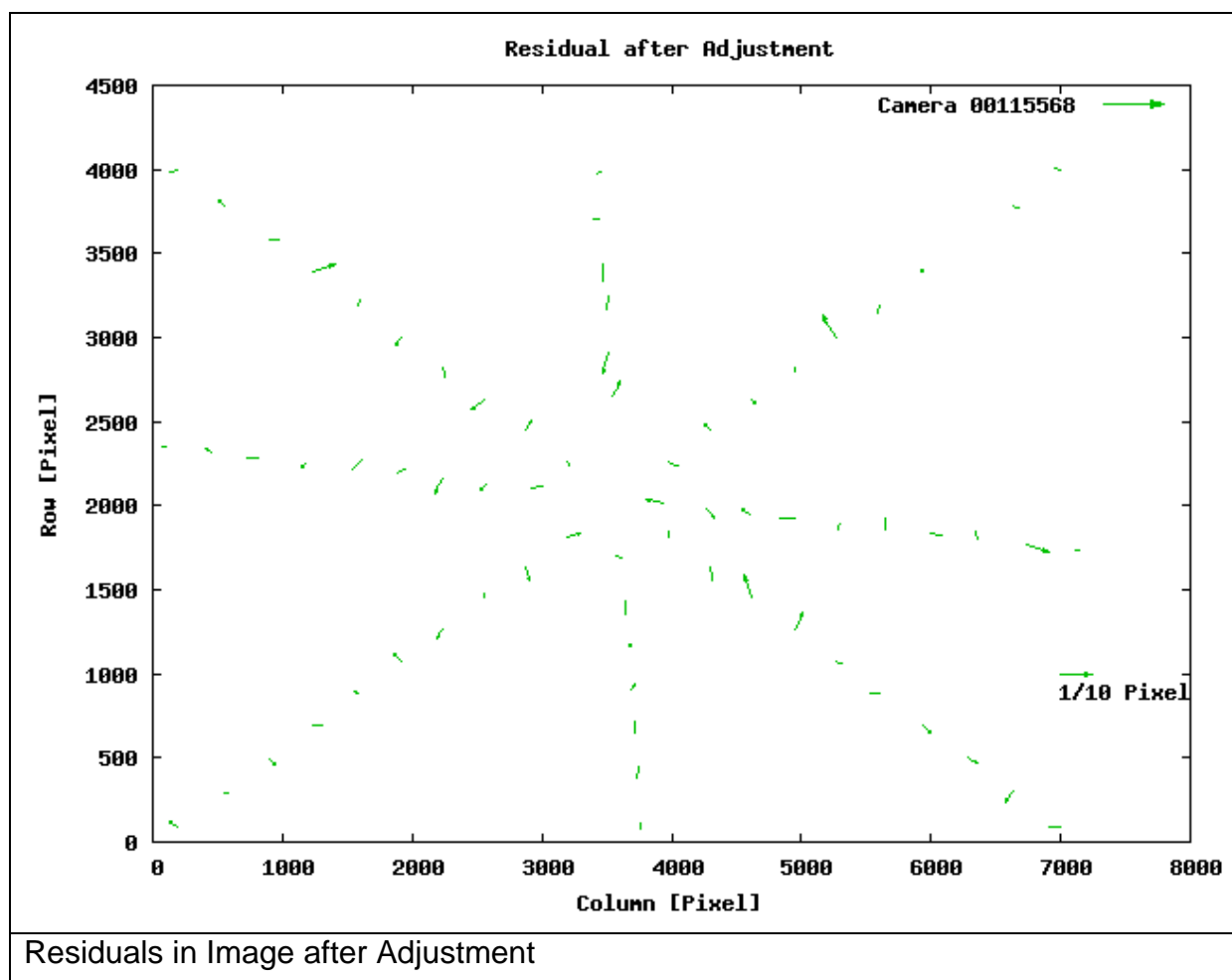
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-Panchromatic
Nominal Focal Length	0.12 m
Serial Number	00115568

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	0.0001267	5.683E-06
	$y_0$	6.771E-05	3.439E-06
Focal Length [m]	$\Delta f$	-0.0003868	9.917E-07
Radial Distortion	$K_1$	0.7293	0.02547
	$K_2$	-320.1	22.95
	$K_3$	-18910	6045
Decentering distortion	$P_1$	0.0002035	0.0001295
	$P_2$	9.903E-05	6.522E-05
In Plane Distortion	$B_1$	2.857E-06	6.615E-06
	$B_2$	1.061E-05	3.803E-06

Adjusted Focal length = 0.12+ dc =0.1196132 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 0.9

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

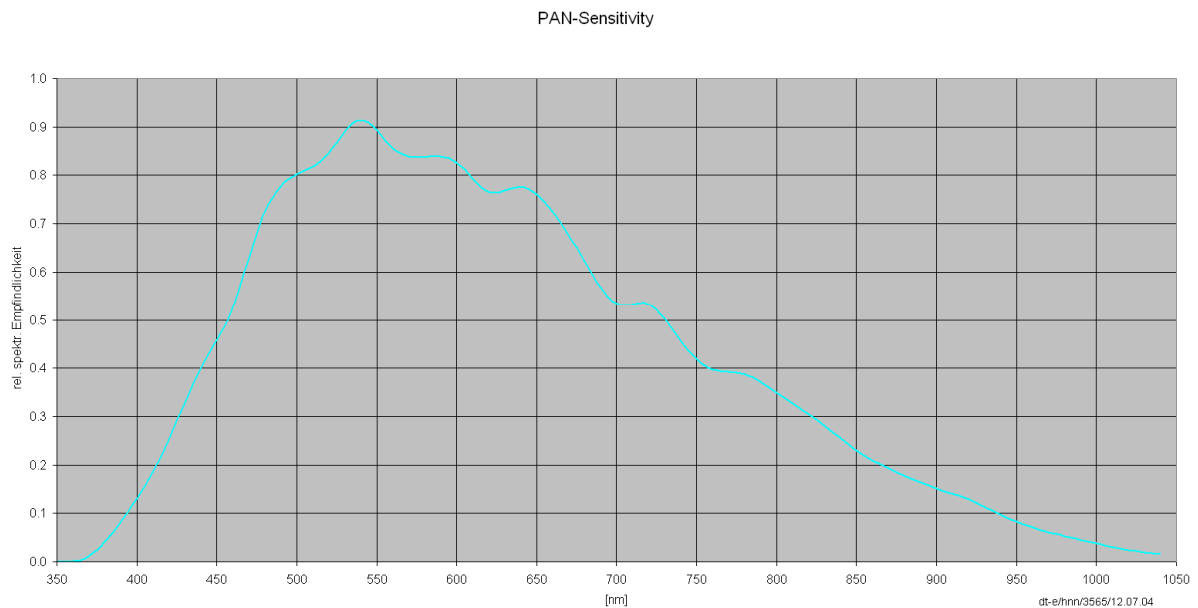
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00115568
Sensor Revision Number	2
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	-
Aperture Revision Number	1

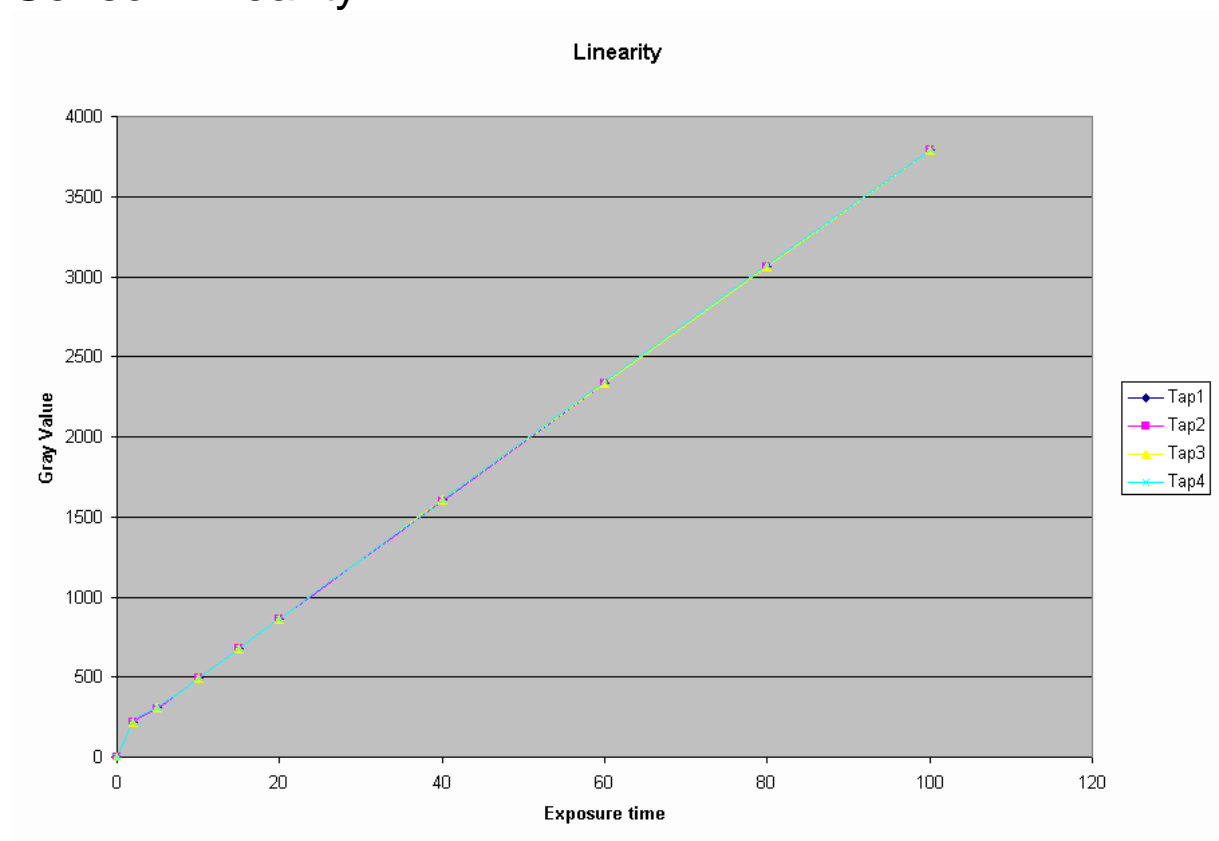
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

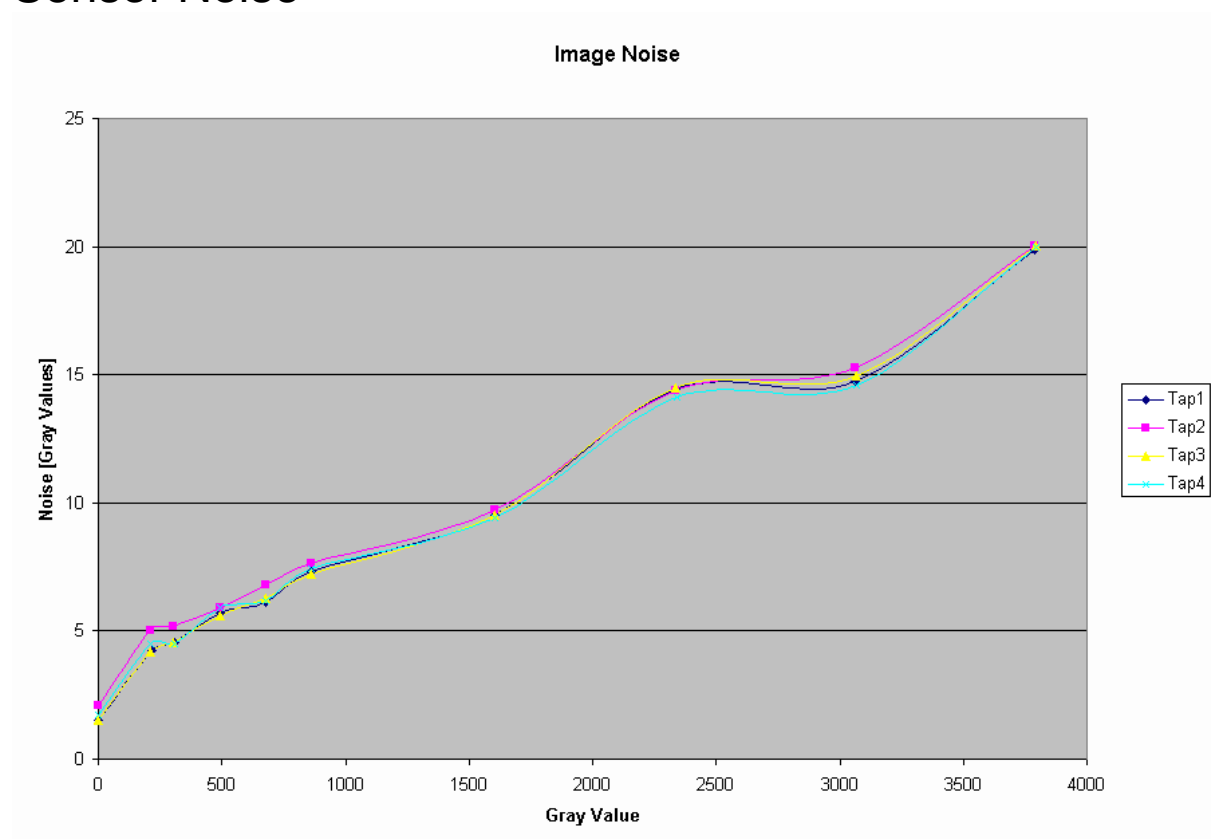
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: “Radiometric Calibration Model”.

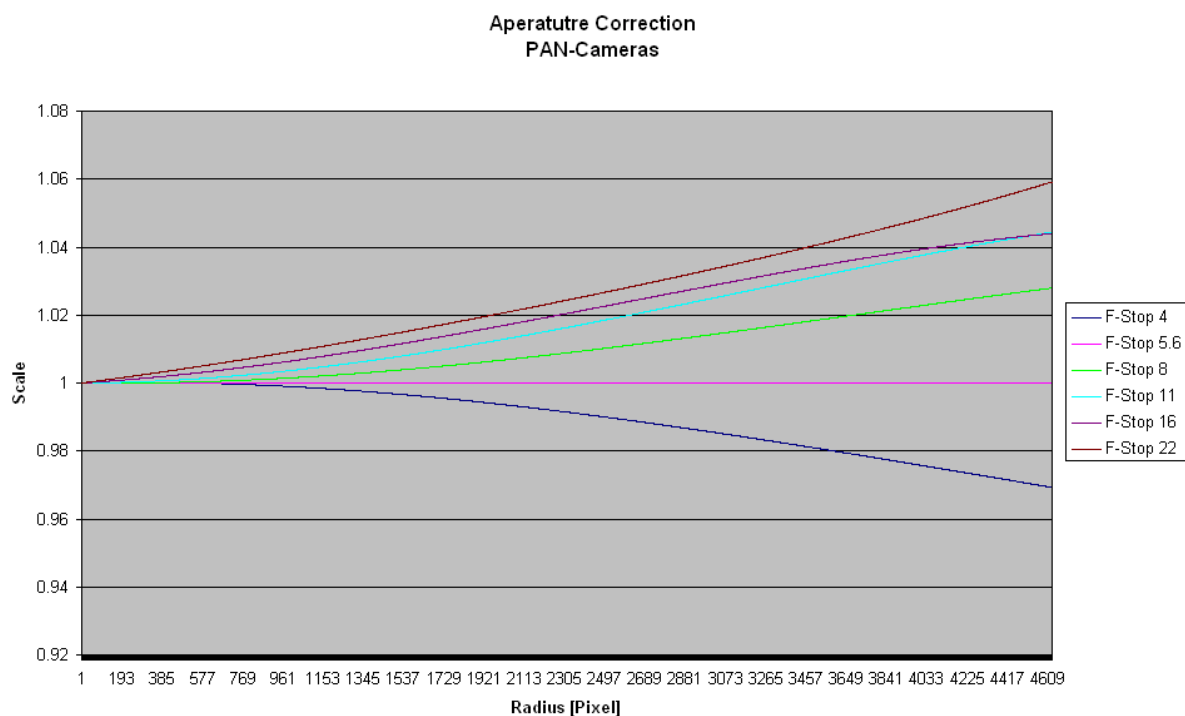
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: “Radiometric Calibration Model”.

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 0

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr    Row    Column

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.





## Calibration Certificate

Nº 00115567

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                         DMC-Panchromatic

Serial Number             00115567

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      7

Date of Calibration                              11.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

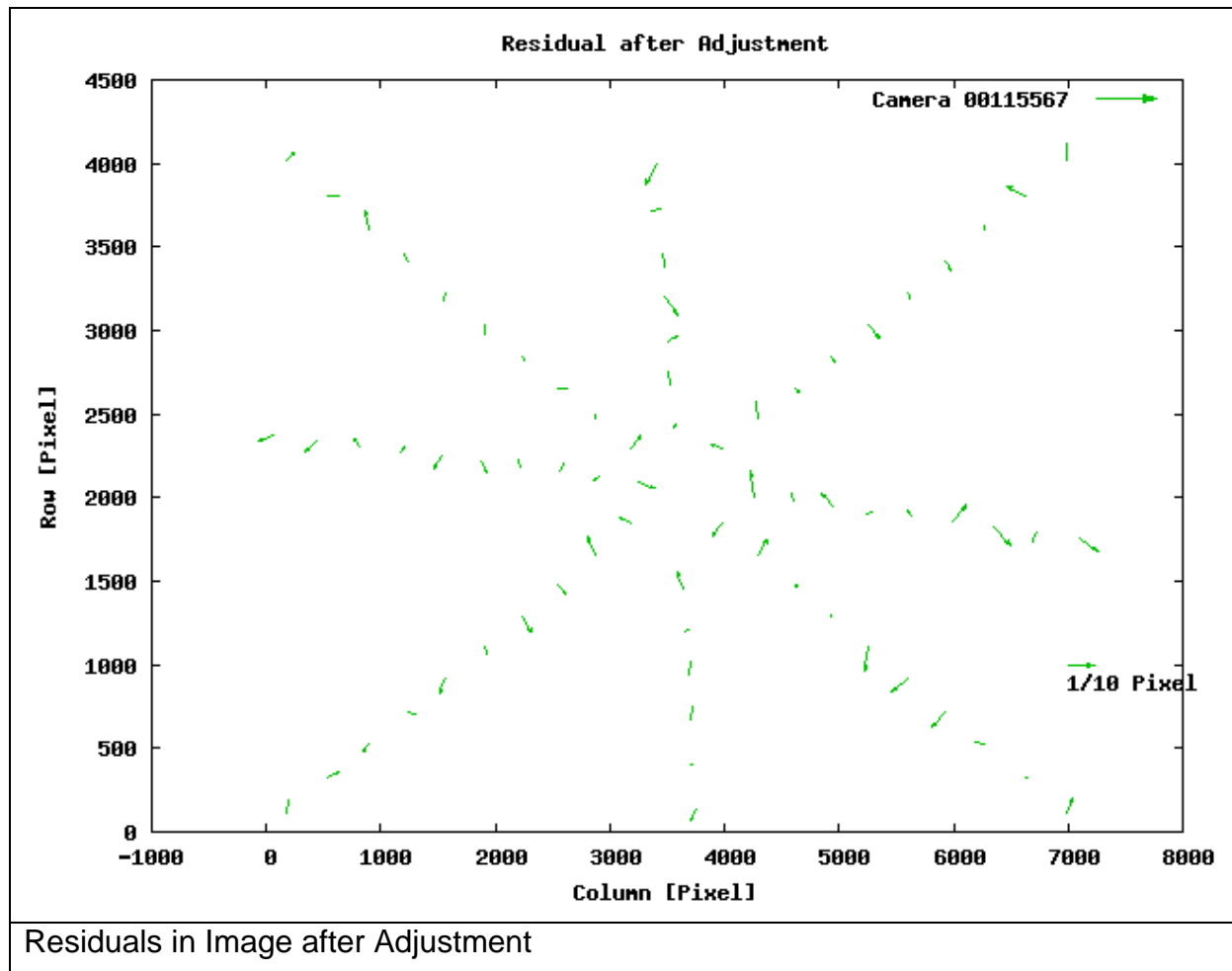
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-Panchromatic
Nominal Focal Length	0.12 m
Serial Number	00115567

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	-3.596E-05	7.014E-06
	$y_0$	-0.0002403	4.244E-06
Focal Length [m]	$\Delta f$	-0.0004561	1.224E-06
Radial Distortion	$K_1$	0.8706	0.03144
	$K_2$	-408	28.33
	$K_3$	5096	7461
Decentering distortion	$P_1$	-0.000683	0.0001599
	$P_2$	0.0002672	8.05E-05
In Plane Distortion	$B_1$	-5.773E-05	8.165E-06
	$B_2$	5.608E-06	4.693E-06

Adjusted Focal length = 0.12+ dc =0.1195439 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 0.9

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

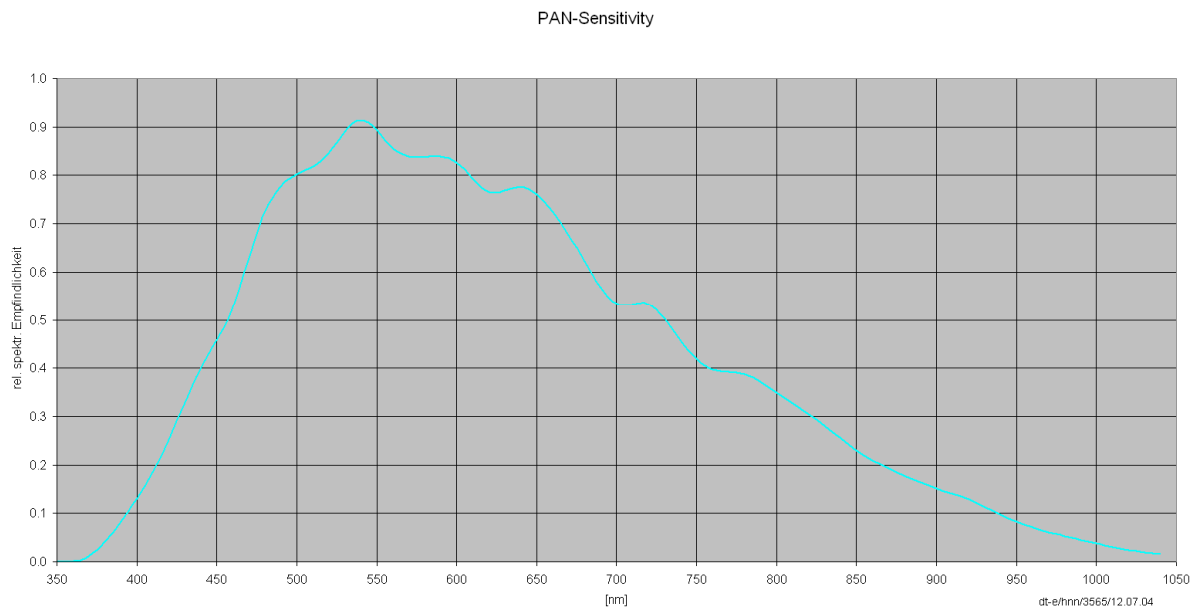
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00115567
Sensor Revision Number	2
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	-
Aperture Revision Number	1

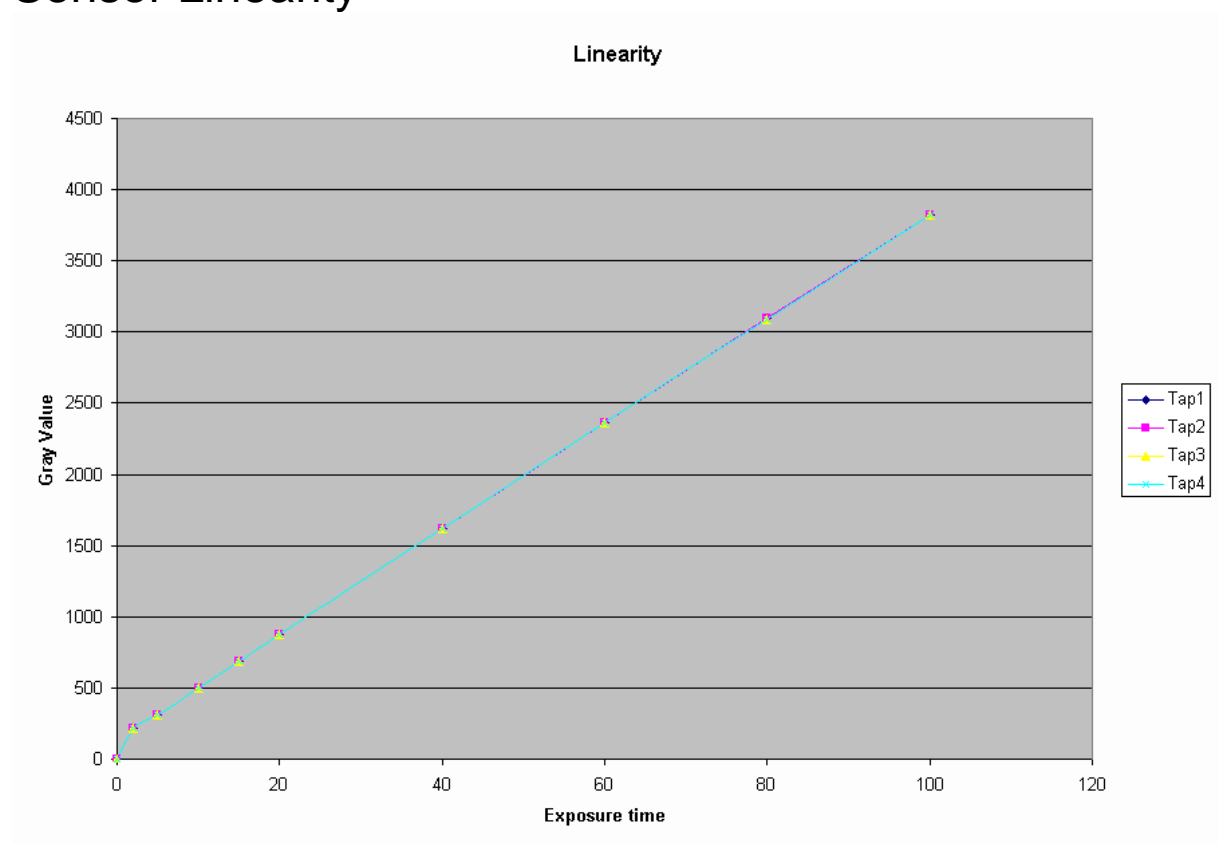
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

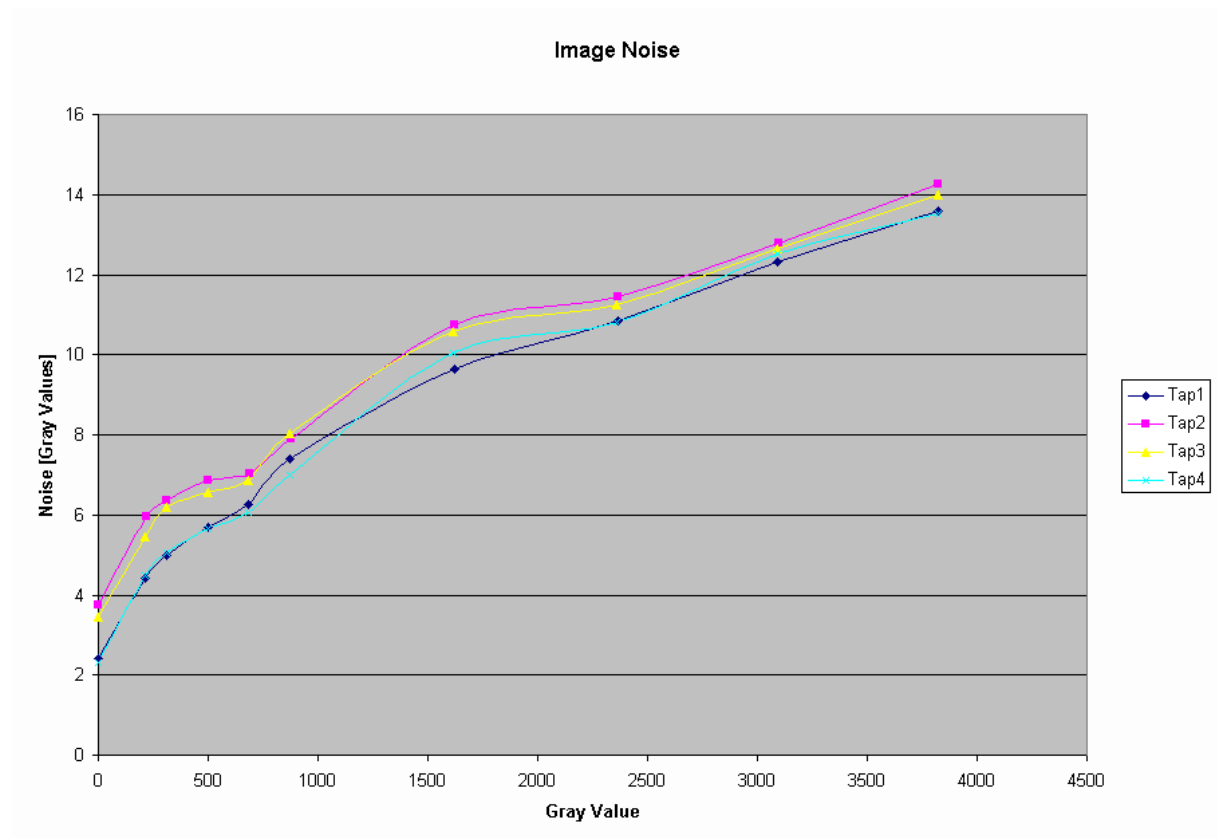
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

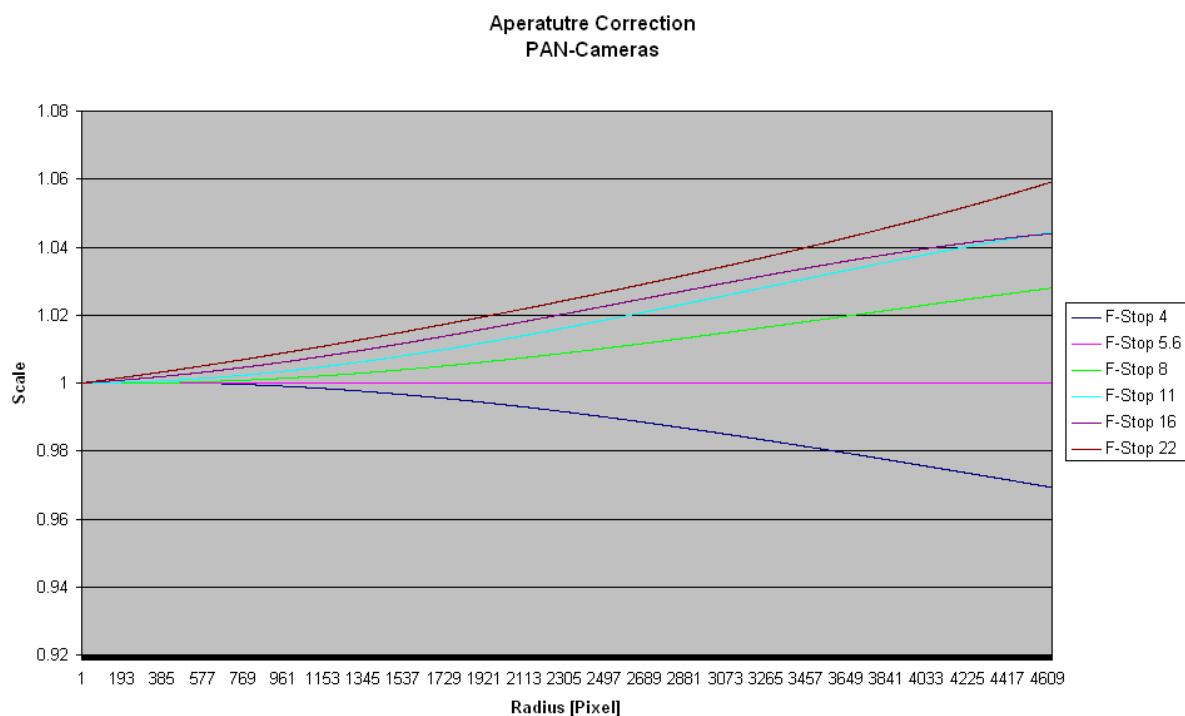
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 7

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr	Row	Column
0	3968	2520
1	3968	2521
2	1225	2748
3	1224	2749
4	1225	2749
5	538	5348
6	539	5348

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

**Remark**

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00115565

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                        DMC-Panchromatic

Serial Number              00115565

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      6

Date of Calibration                      08.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---



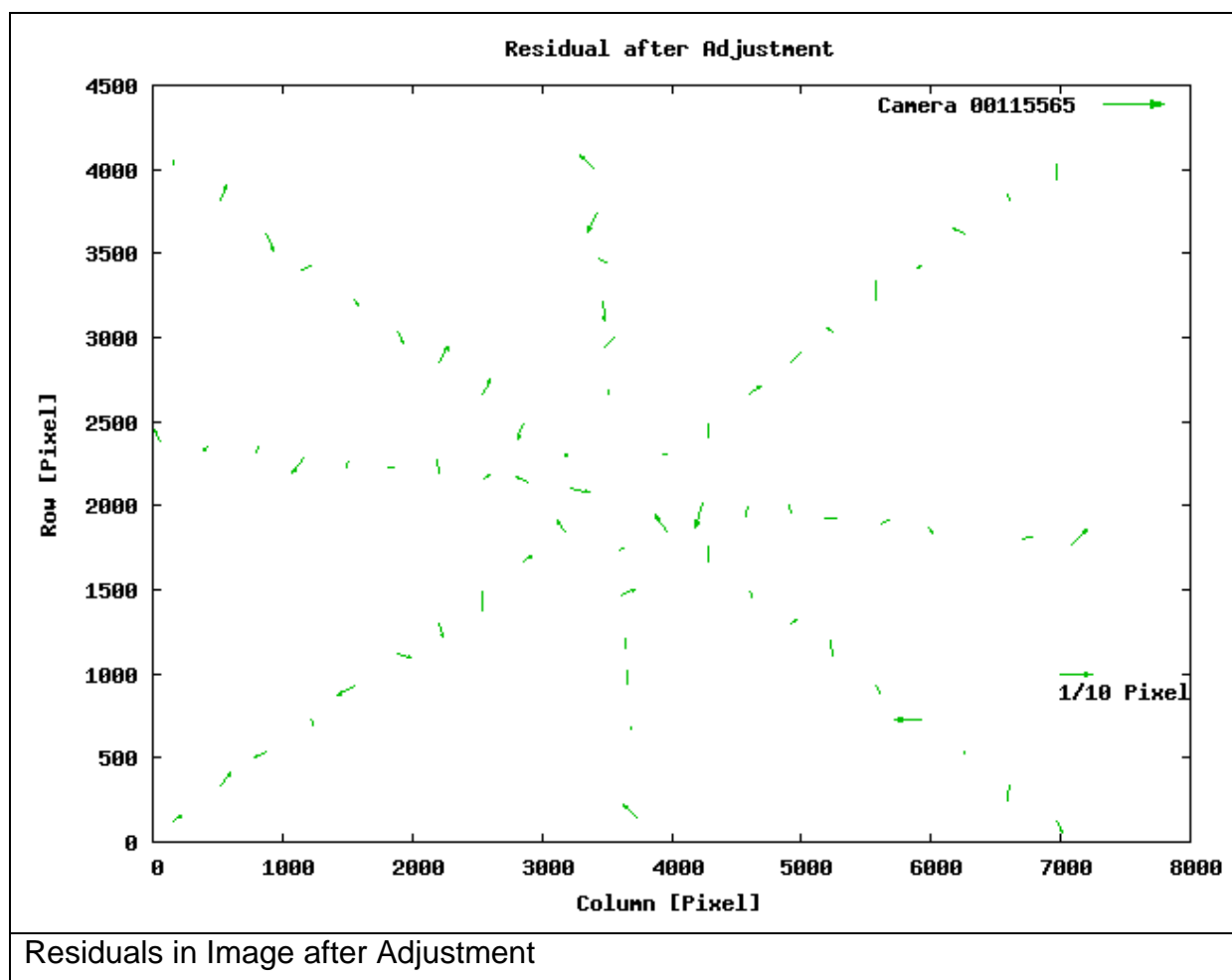
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-Panchromatic
Nominal Focal Length	0.12 m
Serial Number	00115565

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	-0.0002414	6.261E-06
	$y_0$	-0.000372	3.788E-06
Focal Length [m]	$\Delta f$	-0.0004592	1.092E-06
Radial Distortion	$K_1$	0.8322	0.02806
	$K_2$	-389.3	25.28
	$K_3$	2081	6659
Decentering distortion	$P_1$	-0.0006278	0.0001427
	$P_2$	0.0002183	7.186E-05
In Plane Distortion	$B_1$	-3.158E-05	7.289E-06
	$B_2$	-9.395E-06	4.19E-06

Adjusted Focal length = 0.12+ dc =0.1195408 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 1.0

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

#### Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

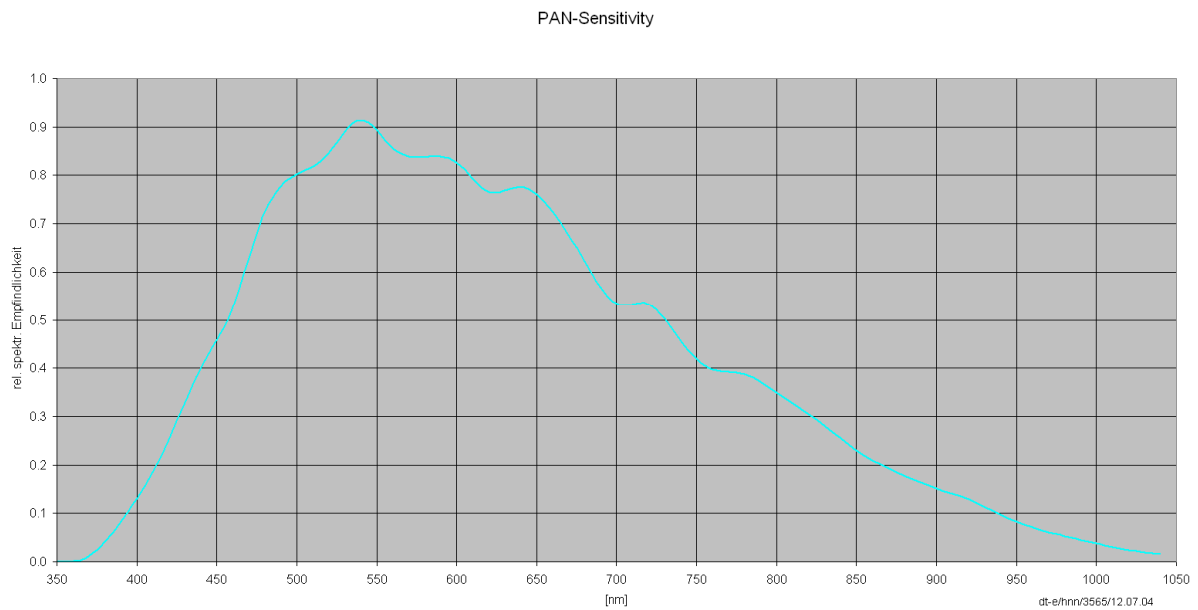
The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00115565
Sensor Revision Number	2
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	-
Aperture Revision Number	1

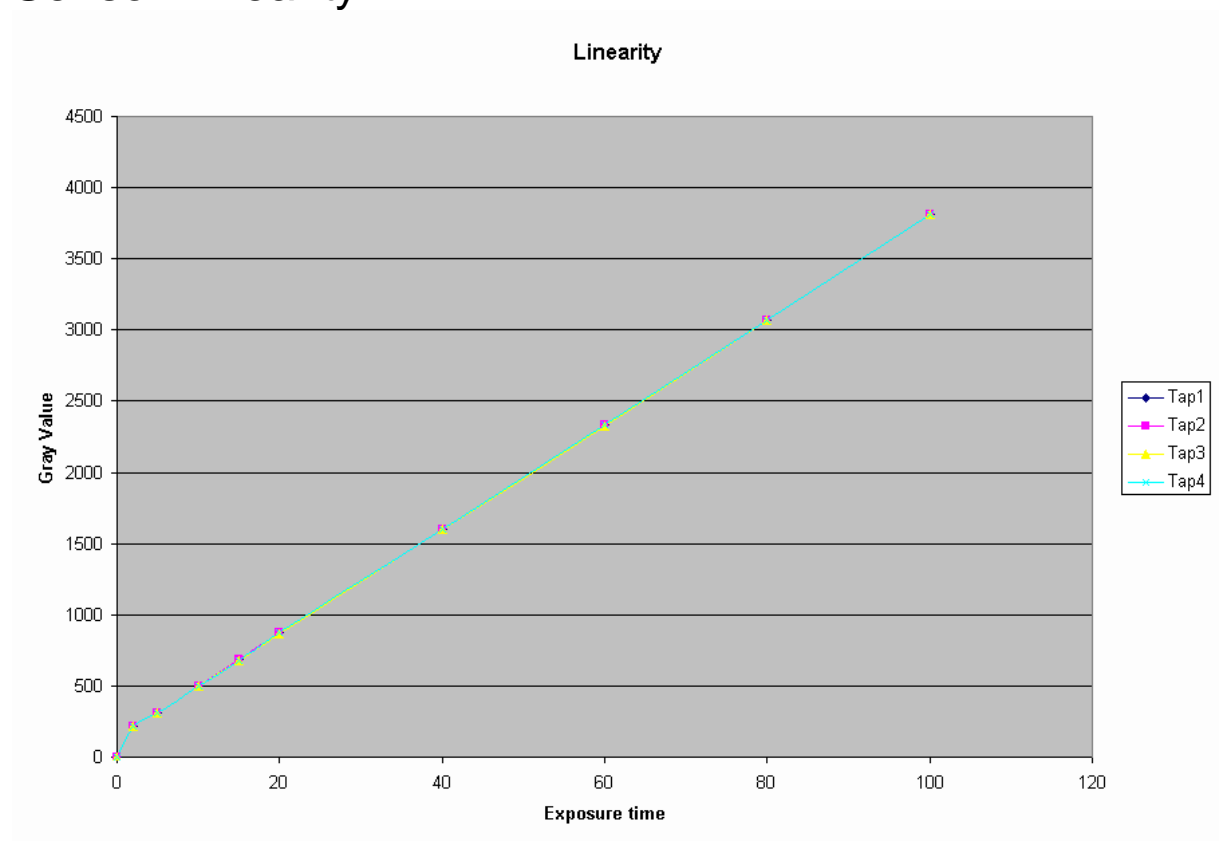
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

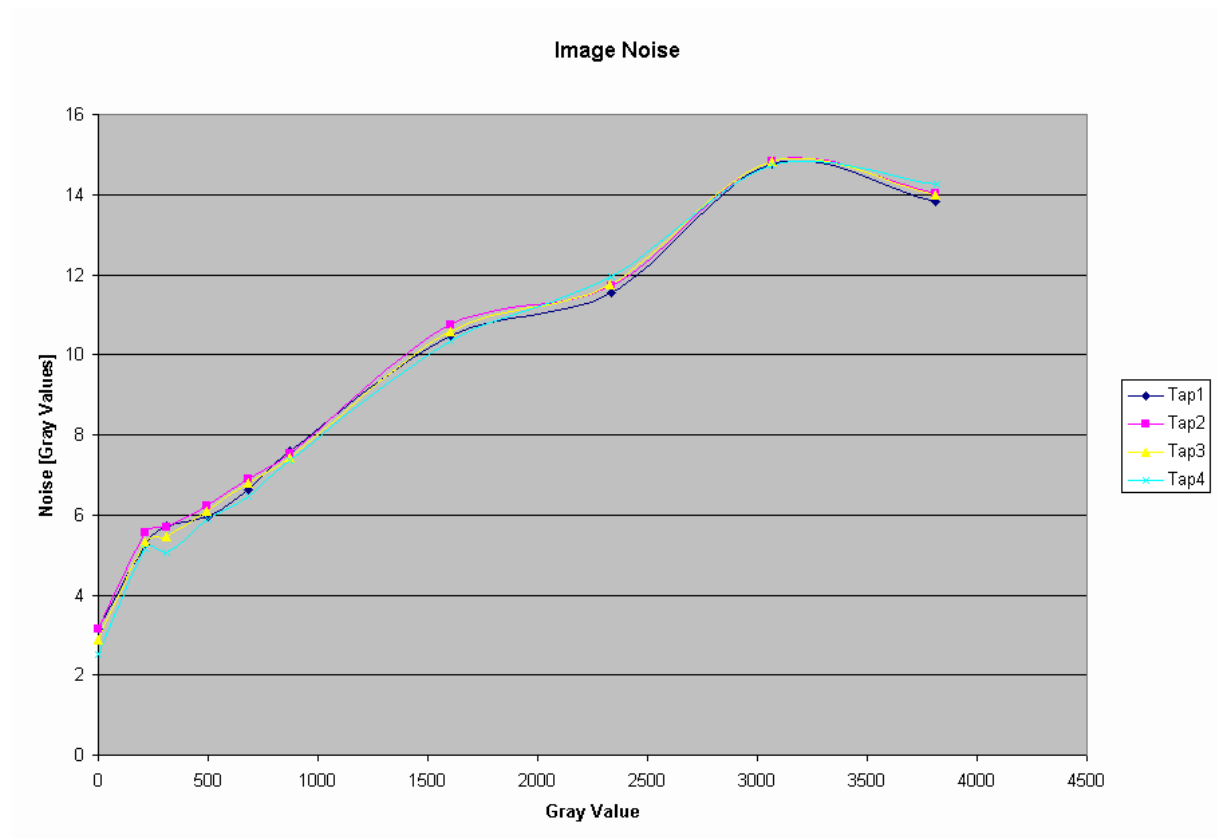
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

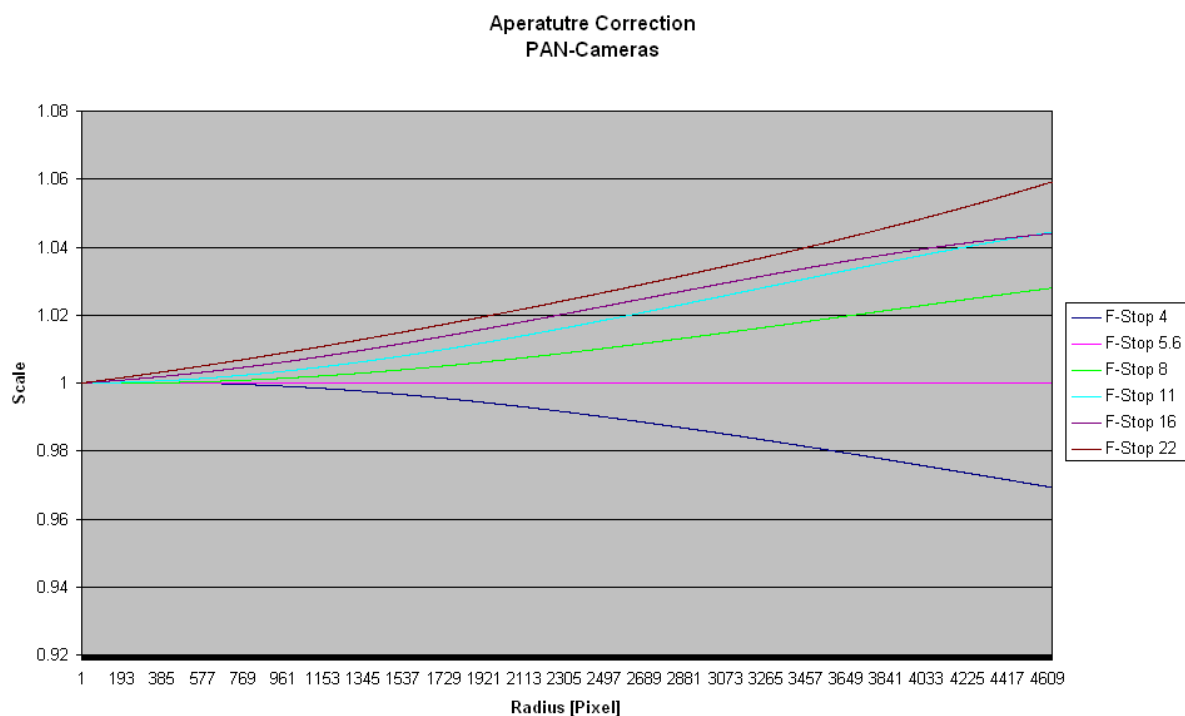
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 0

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr    Row    Column

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.



## Calibration Certificate

Nº 00114966

Object                      Digital Aerial Survey Camera

Manufacturer              Z/I Imaging   D-73431 Aalen

Type                        DMC-MS-Blue

Serial Number            00114966

Calibration performed at:  
Carl Zeiss Jena

Number of pages of the certificate      7

Date of Calibration                              22.Jul.2008

---

Certified	Date	Division Head	Person in Charge
	11.Aug.2008	(H. Sohnle)	(S. Schröder)

---

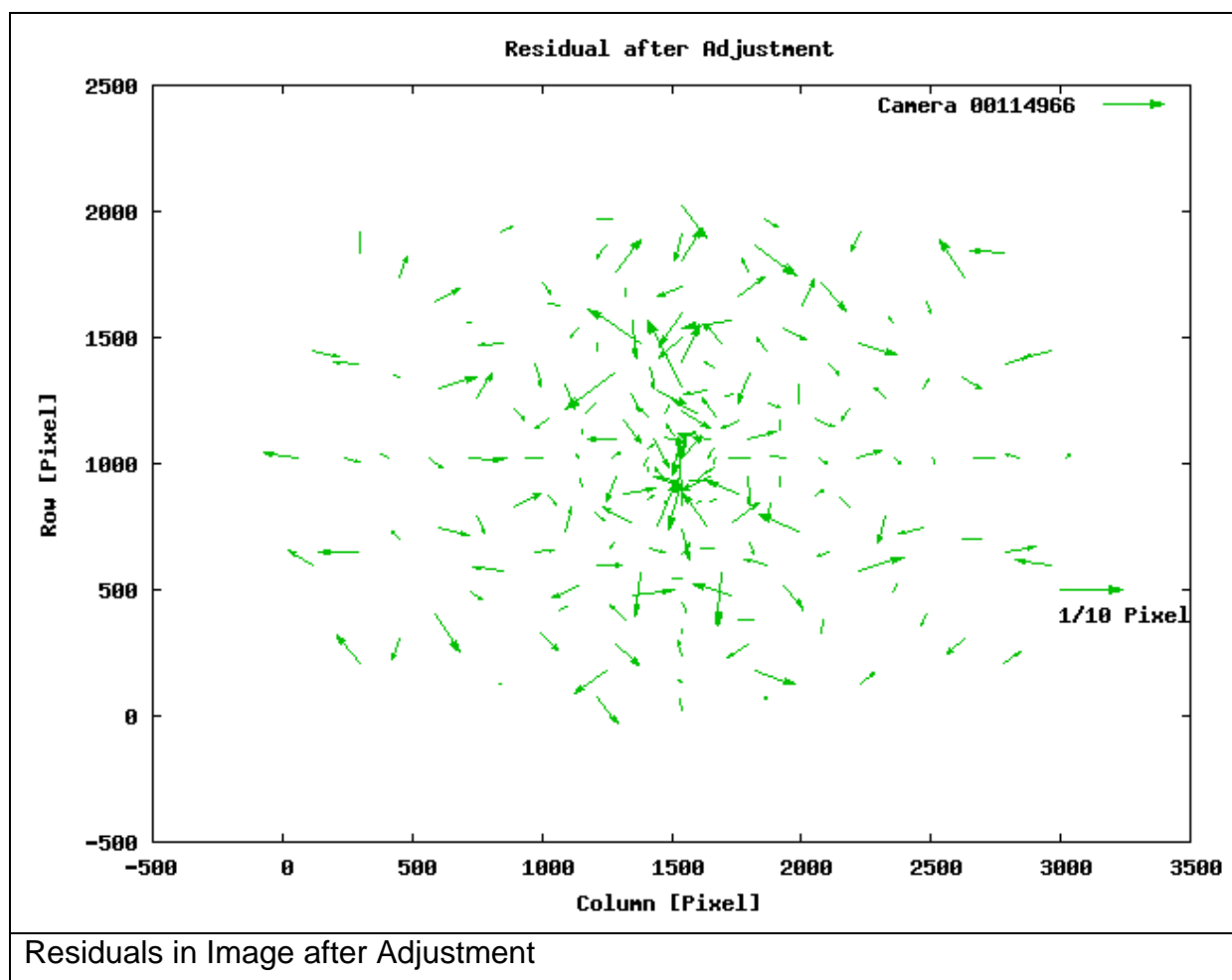
# Geometric Calibration Protocol

## Calibration Parameters for single camera head

Camera Type	DMC-MS-Blue
Nominal Focal Length	0.025 m
Serial Number	00114966

	Param	Adjusted	Std.dev.
Principal Point [m]	$x_0$	4.189E-05	1.086E-06
	$y_0$	4.441E-07	7.584E-07
Focal Length [m]	$\Delta f$	-2.197E-05	3.929E-07
Radial Distortion	$K_1$	-141	0.3325
	$K_2$	220400	2114
	$K_3$	-146700000	3797000
Decentering distortion	$P_1$	0.002033	0.0005647
	$P_2$	-0.002053	0.0003454
In Plane Distortion	$B_1$	6.331E-05	9.763E-06
	$B_2$	-1.448E-05	8.105E-06

Adjusted Focal length = 0.025+ dc =0.02497803 [m]



Max Residual [ $\mu\text{m}$ ]: 1.4

Threshold [ $\mu\text{m}$ ]: 8.5

Remarks:

The images after the post processing are distortion free. For interior orientation parameters of the DMC virtual image see section: "Calibration Parameter of the virtual images".

The calibration model is explained in the section "Calibration Model" at the end of this documentation.

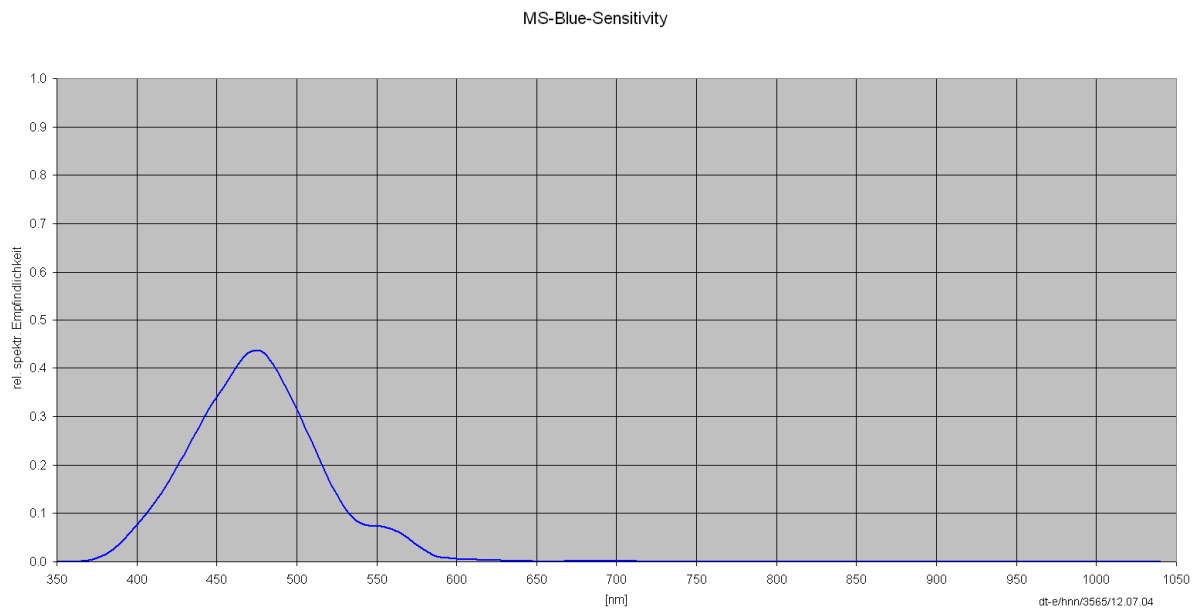
## Radiometric Calibration Protocol

In this section you'll find the radiometric calibration results.

Camera ID	00114966
Sensor Revision Number	0
Lens Revision Number	1
Filter Revision Number	1
Aperture Revision Number	1



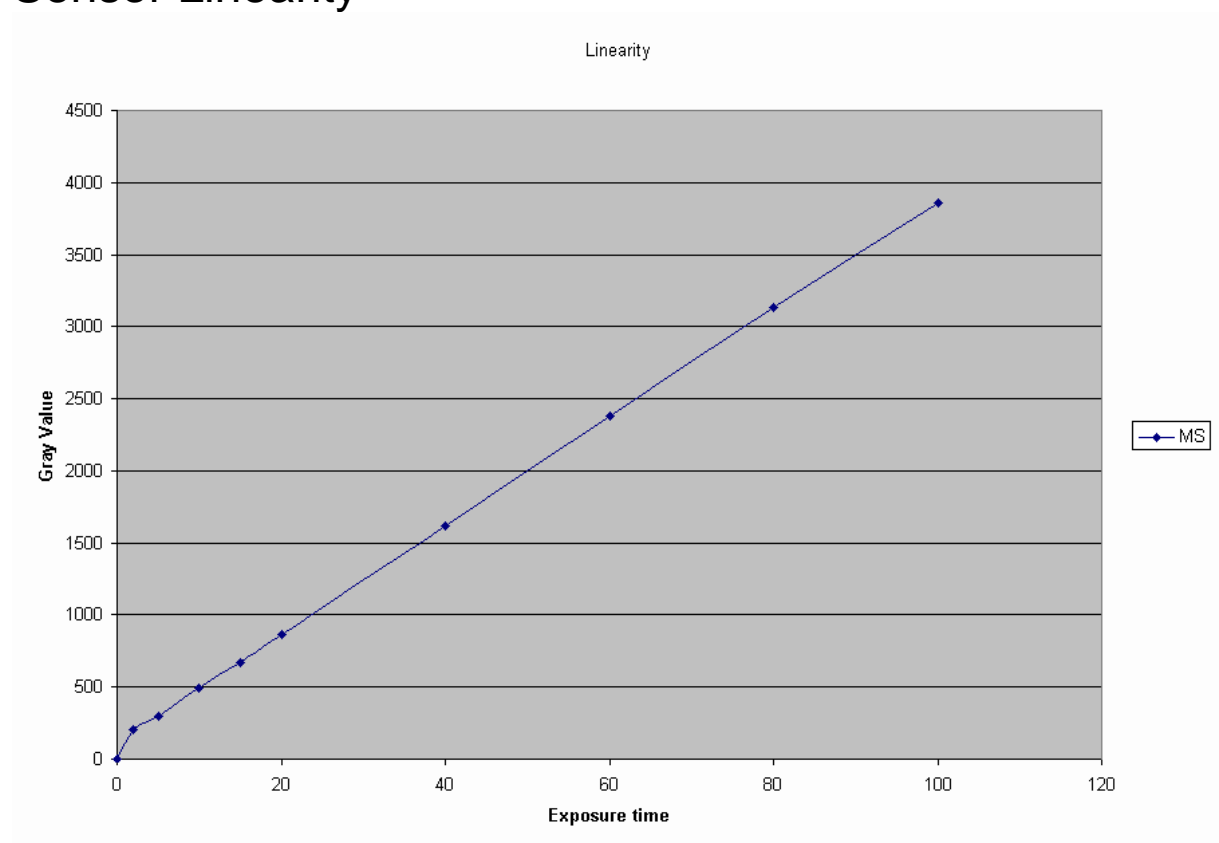
## Sensitivity of camera



**Remark:**

Measurement is done without the influence of the shutter and the Analog/Digital converter. This graph is similar for the same lens and filter revision numbers. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

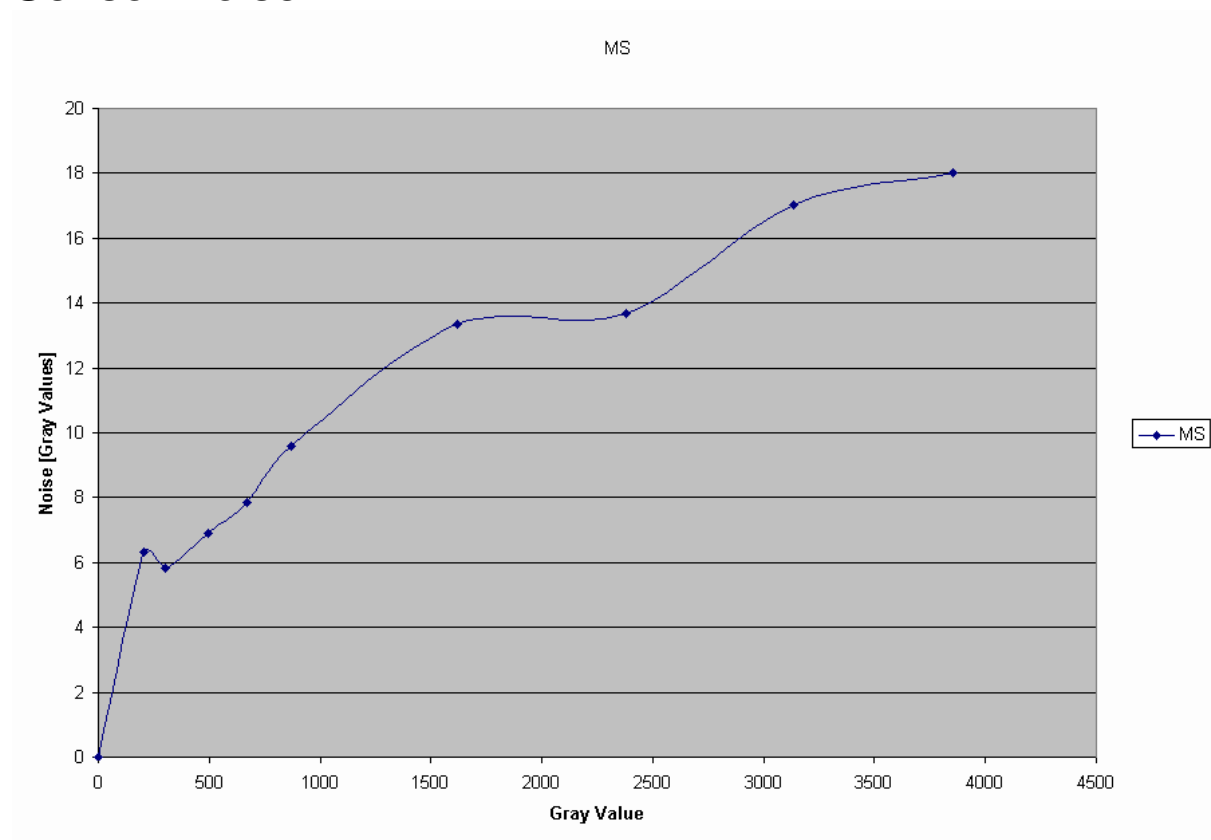
## Sensor Linearity



**Remark:**

The sensor linearity is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

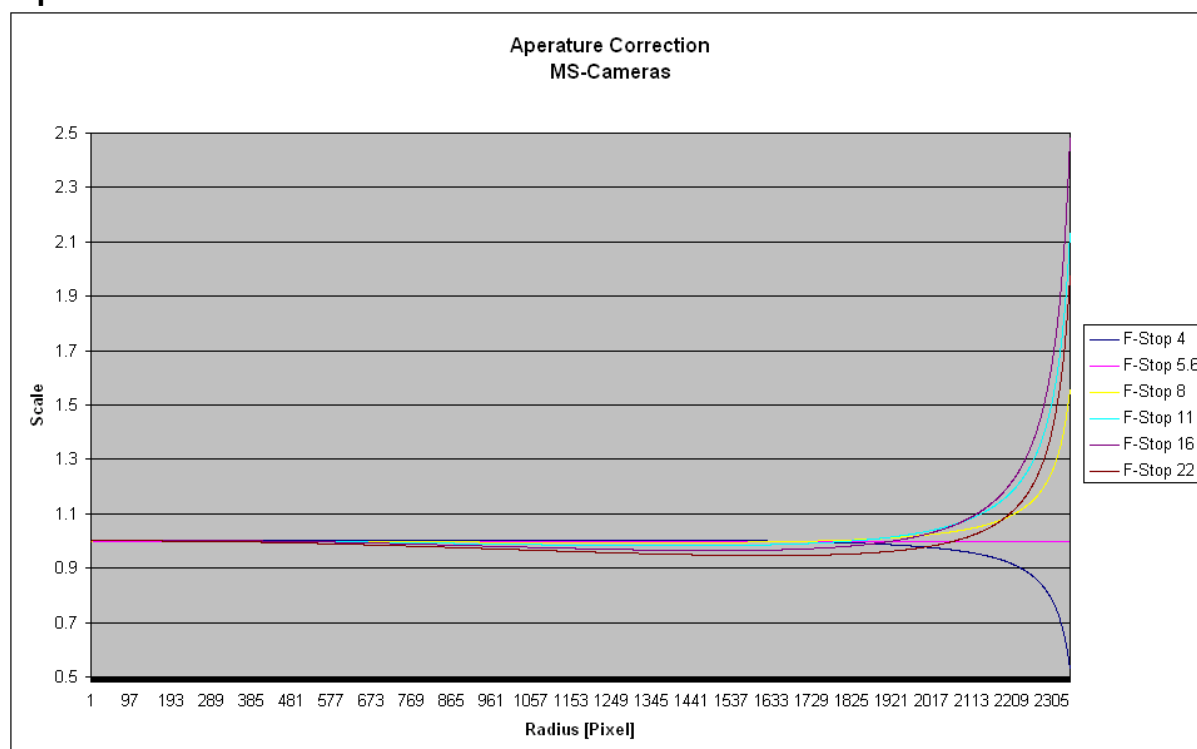
## Sensor Noise



Remark:

The sensor noise is measured for each camera. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Aperture Correction



Remark:

This measurement is similar for the same aperture revision number. For more details see Appendix: "Radiometric Calibration Model".

## Defect Pixel List

Number of defect pixels: 2

Number of defect clusters: 0

Number of defect columns: 0

Nr	Row	Column
----	-----	--------

0	764	1621
---	-----	------

1	765	1621
---	-----	------

Defect Column	RowStart	ColumnStart	RowEnd	ColumnEnd
---------------	----------	-------------	--------	-----------

Remark

See Appendix for definition of defect pixels and maximal allowed numbers.

## **Anexo 3**



(a). Autorização N.º 048 / 11

AUT. ANT. 017/11  
17/11

MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: ..... TagusPark, Ed. Ciência II, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3.º B, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DOS DISTRITOS DE AVEIRO, PORTO .....  
..... E VIANA DO CASTELO .....  
.....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE .....  
..... CARTOGRAFIA .....  
.....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....  
.....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matricula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: .....  
- Dimensões do negativo: ..... 90mm X 160mm .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....  
.....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: .....  
.....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: .....  
.....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....

Lisboa, 16 de Março de 2011

*Será m. R. Bispo*

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março de 2011

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

*Reisioy*  
CAP

P'O Director das Operações Aéreas

*Reisioy*  
CAP

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

Notas sobre o preenchimento no verso



(a). Autorização N.º 049 / 11

Aut. ANT. 019/11

18/11

MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: ..... TagusPark, Ed. Ciência II, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DOS DISTRITOS DE VILA REAL, BRAGA  
E BRAGANÇA .....  
.....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE  
CARTOGRAFIA .....  
.....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....  
.....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: .....  
- Dimensões do negativo: ..... 90mm .X. 160mm .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....  
.....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: .....  
.....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: .....  
.....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....

Lisboa, 16 de Março ..... de 2011 .....

*Sergio M. Bispo*

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março ..... de 2011 .....

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

P'O Director das Operações Aéreas

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

Notas sobre o preenchimento no verso



(a). Autorização N.º 050 / 11  
Aut. Ant. 019/11  
19/11

MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

## FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: ..... TagusPark, Ed. Ciência II, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: .....  
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DOS DISTRITOS DE COIMBRA, LEIRIA E VISEU .....  
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE CARTOGRAFIA .....  
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....  
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: .....  
- Dimensões do negativo: ..... 9.0mm X 160mm .....  
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....  
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: .....  
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: .....  
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....

Lisboa, 16 de Março de 20 11

Sérgio M. Bispo

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março de 20 11

PºO Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

[Assinatura]  
.....  
.....

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

PºO Director das Operações Aéreas

[Assinatura]  
.....  
.....

Notas sobre o preenchimento no verso





MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

(a). Autorização N.º 051, 11  
AUT. ANT. 020/11  
2011

## FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: TagusPark, Ed. CiênciaII, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ÁREAS DOS DISTRITOS DE CASTELO BRANCO  
E GUARDA .....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE  
CARTOGRAFIA .....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: ..... .....  
- Dimensões do negativo: ..... 90mm .X. 160mm .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: .....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: .....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....

Lisboa, 16 de Março ..... de 2011 .....

Sug. M. K. 3

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março ..... de 2011 .....

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

P'O Director das Operações Aéreas

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

Notas sobre o preenchimento no verso



MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

(a). Autorização N.º 052.11  
Aut. Aut. 021/11  
21/11

## FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: ..... TagusPark, Ed. Ciência II, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: ..... .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DOS DISTRITOS DE SANTARÉM, ÉVORA .....  
..... E PORTALEGRE .....  
..... .....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE .....  
..... CARTOGRAFIA .....  
..... .....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: ..... .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....  
..... .....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: ..... .....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: ..... .....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....  
..... Lisboa, 16 de Março ..... de 20 11 .....

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março de 20 11

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

P'O Director das Operações Aéreas

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

Notas sobre o preenchimento no verso



MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

(a). Autorização N.º 053, 11  
AUT. ANT. 022/11  
22/11

## FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: TagusPark, Ed. CiênciaII, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DO DISTRITO DE LISBOA .....  
.....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE .....  
..... CARTOGRAFIA .....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: .....  
- Dimensões do negativo: ..... 90mm .X. 160mm .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: .....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: .....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 20.11 ..... e ..... 18 / 05 / 20.11 .....

Lisboa, 16 de Março ..... de 20 11 .....

*Sergio M. Bispo*

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 20.11

Lisboa, 16 de Março ..... de 20 11 .....

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

*[Assinatura]*  
CAP

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod.331

P'O Director das Operações Aéreas

*[Assinatura]*  
CAP

Notas sobre o preenchimento no verso



MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL  
FORÇA AÉREA  
COMANDO AÉREO

(a). Autorização N.º 054, 11  
Aut. ANT. 023/11  
23/11

## FOTOGRAFIAS E FILMES AÉREOS

1. Entidade que requer a execução do trabalho:  
Nome: ..... MUNICIPIA, SA .....  
Profissão: ..... Nome do Responsável: ..... Sérgio Bispo ..... Tel.: 214228200  
Morada: ..... TagusPark, Ed. Ciência II, Av. Prof. Cavaco Silva, 11-3ºB, Porto Salvo .....
2. Trabalho a realizar:  
a. Fotografia: ..... VERTICAL PANORÂMICA .....  
b. Filme: ..... .....
3. Objectivos ou áreas a fotografar ou filmar: ..... ÁREAS DOS DISTRITOS DE BEJA, SETÚBAL E FARO .....  
.....
4. Finalidade do trabalho: ..... DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS INTERNOS DE CARTOGRAFIA .....  
.....
5. Entidade que efectuará o trabalho em voo: ..... AGROAR - TRABALHOS AÉREOS, LDA .....
6. Aeronave e equipamento a utilizar:  
a. Tipo de Avião e Matrícula: ..... CESSNA 402B CS-DPS .....  
b. Equipamento fotográfico e/ou cinematográfico:  
- Tipo e marca: ..... DMC 129 .....  
- Foco: ..... 120mm .....  
- Abertura: ..... .....
7. Aeródromos a utilizar: ..... CASCAIS, VILAR DE LUZ, VISEU, PORTIMÃO, ÉVORA .....  
.....
8. Entidade que executará o trabalho de laboratório: ..... .....
9. Entidade que executará o trabalho de restituição: ..... .....
10. Datas de início e fim do trabalho em voo: ..... 18 / 03 / 2011 ..... e ..... 18 / 05 / 2011 .....  
Lisboa, 16 de Março ..... de 20 11 .....

Sérgio M. Bispo

Reitera-se, conforme preconizado pelo DL n.º 248/91 de 16JUL regulamentado pela portaria n.º 837/91 de 16AGO, ser absolutamente interdito filmar, fotografar e/ou efectuar sobrevoos a alturas inferiores a 750m sobre instalações ligadas a órgãos de soberania e segurança interna. ....

Relativamente à fotografia e/ou filmagem aéreas em áreas militares, reafirma-se que só podem realizar-se fora de uma faixa de mil metros, em toda a extensão, a partir do perímetro das instalações militares respectivas. ....

Autorizado  
16 / 03 / 2011

Lisboa, 16 de Março ..... de 20 11 .....

P'O Chefe do Estado-Maior da Força Aérea

[Assinatura]  
CAP

P'O Director das Operações Aéreas

[Assinatura]  
CAP

(a) A preencher no Comando Aéreo.  
CPFA - Mod. 331

Notas sobre o preenchimento no verso